

**LAPORAN AKHIR
PENELITIAN DISERTASI DOKTOR**



**PENGEMBANGAN MODEL PENGAMBILAN KEPUTUSAN
DENGAN UNIFIKASI DATA NUMERIK DAN *FUZZY* LINGUISTIK
UNTUK ASESMEN HASIL BELAJAR**

Peneliti:

**Sri Andayani, M.Kom
NIDN 0026047203**

Dibiayai oleh DIPA Direktorat Penelitian Pengabdian kepada Masyarakat Nomor DIPA-023.04.1.673453/2015 tanggal 14 November 2014, DIPA revisi 01 tanggal 03 Maret 2015.
Skim Penelitian Disertasi Doktor Tahun Anggaran 2015 Nomor:
062/SP2H/PL/DIT.LITABMAS/II/2015 Tanggal 5 Februari 2015

**UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
Oktober 2015**

HALAMAN PENGESAHAN

Judul	: PENGEMBANGAN MODEL PENGAMBILAN KEPUTUSAN DENGAN UNIFIKASI DATA NUMERIK DAN FUZZY LINGUISTIK UNTUK ASESMEN HASIL BELAJAR
Peneliti/Pelaksana	
Nama Lengkap	: SRI ANDAYANI S.Si..M.Kom.
Perguruan Tinggi	: Universitas Negeri Yogyakarta
NIDN	: 0026047203
Jabatan Fungsional	: Lektor Kepala
Program Studi	: Matematika
Nomor HP	: 08122760017
Alamat surel (e-mail)	: andayani_uny@yahoo.com
Institusi Mitra (jika ada)	
Nama Institusi Mitra	: -
Alamat	: -
Penanggung Jawab	: -
Tahun Pelaksanaan	: Tahun ke 1 dari rencana 1 tahun
Biaya Tahun Berjalan	: Rp 49.000.000,00
Biaya Keseluruhan	: Rp 0,00



Mengetahui,
Dekan FMIPA UNY

(Dr. Hartono)

NIP/NIK 196203291987021002

Yogyakarta, 31 - 10 - 2015
Ketua,

(SRI ANDAYANI S.Si..M.Kom.)
NIP/NIK 197204261997022001



Menyetujui,
Ketua LPPM UNY

(Prof. Dr. Anik Ghufro)

NIP/NIK 196211111988031001

DAFTAR ISI

Halaman Judul

Halaman Pengesahan

DAFTAR ISI.....3

BAB I. PENDAHULUAN.....5

1.1. Latar Belakang dan permasalahan.....5

1.2. Permasalahan.....7

1.3. Luaran.....7

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA8

2.1. Himpunan fuzzy8

2.2. Variabel linguistik8

2.3. Fuzzy Analytic Network Process10

2.4. Fuzzy Multiple Criteria Decision Making13

2.5. Studi pendahuluan13

2.6. Roadmap penelitian.....14

BAB III. TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN18

3.1. Tujuan Penelitian.....18

3.2. Manfaat Penelitian.....18

BAB IV. METODE PENELITIAN19

4.1. Gambaran proses pengambilan keputusan yang akan dimodelkan.....19

4.2. Bahan-bahan Penelitian.....20

4.3. Langkah-langkah Penelitian.....21

4.4. Metode Pengumpulan Data22

4.5. Indikator Keberhasilan22

BAB V. HASIL YANG DICAPAI.....23

1. Parameter pengambilan keputusan23

2. Preferensi Guru29

3. Model Management33

4. Menyajikan output47

BAB VI. KESIMPULAN DAN SARAN50

DAFTAR PUSTAKA51

LAMPIRAN Berita Acara Seminar

a. Seminar Proposal dan Instrumen Penelitian

b. Seminar Hasil Penelitian

LAMPIRAN Deskripsi Garis Besar Prototype Pendukung Hasil Pemodelan

LAMPIRAN LUARAN PENELITIAN 1: Draft Paper Jurnal Internasional, Journal Of
Computer Science

LAMPIRAN LUARAN PENELITIAN 2: Publikasi Paper dalam Seminar Nasional, Seminar Nasional Matematika dan Pendidikan Matematika

LAMPIRAN LUARAN PENELITIAN 3: Publikasi Paper dalam Seminar Internasional, International Conference on Science and Technology Yogyakarta

BAB I. PENDAHULUAN

1.1.Latar Belakang dan permasalahan

Pengambilan keputusan merupakan aktivitas penting yang selalu dilakukan dalam berbagai bidang dan berbagai lapisan. Hal yang tidak dapat dipungkiri adalah dalam proses pengambilan keputusan tersebut melibatkan aspek kuantitatif dan kualitatif. Biasanya, aspek kuantitatif mudah disajikan dengan menggunakan data numerik, namun tidak demikian halnya dengan aspek kualitatif (Herrerra dan Martinez, 2000). Aspek kualitatif tidak mudah disajikan dalam nilai yang tepat dan eksak, karena mengandung ketidakjelasan dan ketidakpastian.

Dalam pandangan logika tradisional, ketidakpastian adalah sesuatu yang tidak diharapkan dan sedapat mungkin dihindari, sedangkan pandangan alternatif (modern) ketidakpastian dipertimbangkan sebagai sesuatu yang esensial, tidak hanya sebagai suatu gangguan yang tidak dapat dihindari, akan tetapi memiliki kegunaan yang sangat besar (Klir dan Yuan, 1995:3). Di sinilah letak pentingnya penggunaan teori himpunan fuzzy, yang didefinisikan secara matematis dengan memberikan setiap kemungkinan individu suatu nilai dalam semesta pembicaraan yang merepresentasikan derajat keanggotaannya dalam himpunan fuzzy.

Pemodelan dengan logika fuzzy sering muncul dalam area yang mementingkan pertimbangan manusia (*human judgment*) dan evaluasi. Hal tersebut dikarenakan baik *human judgment* maupun evaluasi banyak melibatkan sumber data dan informasi yang mengandung ketidakpastian. Pemodelan dengan menggunakan logika fuzzy banyak ditemui dalam ranah sistem pengambilan keputusan yang selanjutnya dikenal dengan *Fuzzy Multiple Criteria Decision Making* (FMCDM). Tujuannya adalah untuk menghasilkan urutan perangkikan atas dasar performansi umum dalam bermacam kriteria yang ditentukan sehingga pengambil keputusan dapat memilih alternatif terbaik dari beberapa alternatif yang saling menguntungkan (Chen, 2005:10). Di antara metode FMCDM yang banyak digunakan dan diaplikasikan dalam berbagai bidang adalah *Fuzzy Analytic Hierachy Process* (FAHP), *Fuzzy Analytic Network Process* (FANP), dan *Fuzzy Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution* (FTOPSIS).

Dalam beberapa dekade terakhir, banyak ditemukan penelitian yang mengaplikasikan teori himpunan fuzzy dalam kegiatan evaluasi pendidikan, termasuk aplikasi dalam asesmen. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan fuzzy dalam kegiatan evaluasi menyajikan hasil yang lebih valid, fair dan reliabel (Mossin, dkk., 2010, Kosheleva, 2011). Beberapa

penelitian telah mengaplikasikan model pengambilan keputusan berbasis FMCDM dalam bidang pendidikan, misalnya Wu dkk (2009), Sangka dan Hussain (2010), Saxena dan Saxena (2010), Li dan Li (2011), Carrasco dkk (2011), Upadhyaya (2012), namun sedikit yang ditujukan untuk asesmen hasil belajar siswa (contoh, Kwok dkk (2007)).

Pengambilan keputusan merupakan masalah yang melibatkan himpunan terbatas alternatif $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$, ($n \geq 2$), dan alternatif terbaik dari X ditentukan atas dasar informasi penilaian oleh pengambil keputusan D atas sekumpulan kriteria $C = \{c_1, c_2, \dots, c_p\}$, ($p \geq 2$). Pada dasarnya pengambilan keputusan meliputi 3 tahap yaitu 1). Menentukan bobot kriteria; 2). Membangkitkan preferensi pengambil keputusan atas sejumlah alternatif X berdasarkan kriteria yang ditentukan; 3). Mengagregasi preferensi (Espinilla, dkk., 2012).

Asesmen hasil belajar adalah bentuk pengambilan keputusan untuk memberi nilai performansi siswa dalam hal belajarnya yang ditentukan atas dasar beberapa kompetensi yang harus dicapai. Dalam model pengambilan keputusan, siswa adalah kumpulan alternatif X yang akan diranking sehingga diperoleh urutan alternatif dari yang terbaik hingga yang urutan paling bawah. Kompetensi berperan sebagai kumpulan kriteria C dalam pemberian preferensi oleh guru, dan perlu ditentukan bobot tingkat kepentingannya. Beberapa kompetensi bisa saling mempengaruhi sehingga bobotnya tidak dapat ditentukan secara sederhana. Perlu digunakan metode yang tepat untuk menentukan bobot yang saling bergantung (*interdependent*), salah satunya dengan menggunakan metode *Fuzzy Analytic Network Process* (Asan, dkk., 2012; Özdağoğlu, 2012).

Preferensi yang diberikan guru sebagai pengambil keputusan terhadap kompetensi siswa melibatkan aspek kuantitatif dan kualitatif. Aspek kuantitatif mudah direpresentasikan dengan data numerik, sedangkan aspek kualitatif lebih tepat direpresentasikan dengan menggunakan variabel linguistik, yakni variabel yang nilainya bukan bilangan tetapi kata-kata atau kalimat dalam bahasa alami atau bahasa buatan. Metode yang banyak digunakan dalam pengambilan keputusan yang melibatkan data aspek kualitatif adalah metode *Computing with Word* (CWW) (Herrera, dkk., 2009).

Penelitian untuk menggabungkan informasi linguistik dan numerik dalam model pengambilan keputusan telah dilakukan oleh Herrera dan Martinez (2000). Herrera dan Martinez (2000) telah mengembangkan pendekatan untuk mengkombinasikan informasi linguistik dan numerik berdasarkan pada representasi fuzzy linguistik 2 tupel. Dalam papernya, Herrera dan Martinez (2000) tidak menggunakan penentuan tingkat kepentingan

kriteria yang terlibat, sehingga kurang tepat untuk diaplikasikan dalam pengambilan keputusan asesmen hasil belajar. Oleh karena itu, melalui penelitian ini akan dikembangkan model pengambilan keputusan berdasarkan model FMCDM dan metode unifikasi data yang sudah ada dan mengakomodasi permasalahan yang diuraikan di atas.

1.2. Permasalahan

Permasalahan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut. Proses pengambilan keputusan tidak dapat menghindari aspek kuantitatif dan kualitatif dalam tahap pengumpulan data preferensinya. Kedua aspek tersebut direpresentasikan dalam data numerik dan linguistik. Untuk mencapai hasil keputusan akhir, data yang berbeda jenis perlu disatukan menjadi jenis data yang sama agar dapat diproses pada tahap selanjutnya, sehingga dibutuhkan proses unifikasi. Selain itu, kriteria yang digunakan dalam pemberian preferensi juga perlu ditentukan bobotnya, terlebih jika antar kriteria bersifat saling bergantung/mempengaruhi (*interdependent*). Oleh karena itu, dalam penelitian ini dirumuskan hal-hal berikut.

1. Bagaimanakah proses penentuan bobot kriteria yang saling bergantung dengan menggunakan metode *Fuzzy Analytic Network Process*;
2. Bagaimanakah proses dan metode yang tepat untuk unifikasi data numerik dan linguistik tersebut sehingga menghasilkan representasi data yang siap diolah dengan model pengambilan keputusan;
3. Bagaimanakah metode agregasi yang tepat bagi data hasil unifikasi tersebut untuk menentukan keputusan akhir sehingga menghasilkan model pengambilan keputusan berbasis FMCDM yang akan diaplikasikan dalam asesmen hasil belajar.

1.3. Luaran

Luaran penelitian disertasi doktor yang diusulkan meliputi:

1. Naskah publikasi ilmiah ilmiah dalam jurnal internasional.
2. Naskah publikasi jurnal ilmiah nasional.
3. Naskah publikasi seminar nasional.
4. Draft naskah disertasi, khususnya pada bagian pengembangan model.

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Himpunan fuzzy

Wang (1997:21) mendefinisikan suatu himpunan fuzzy dalam himpunan semesta U dapat dicirikan dengan fungsi keanggotaan $\mu_A(x)$ yang mempunyai nilai dalam interval $[0,1]$. Fungsi keanggotaan himpunan klasik hanya dapat mempunyai 2 nilai yaitu 0 atau 1, sedangkan fungsi keanggotaan dari himpunan fuzzy adalah fungsi kontinu dalam range $[0,1]$. Definisi tersebut menunjukkan tidak ada yang ‘fuzzy’ tentang himpunan fuzzy, secara sederhana himpunan fuzzy adalah himpunan dengan fungsi keanggotaan kontinu (Wang, 1997:22).

Himpunan fuzzy A dalam U dapat direpresentasikan sebagai himpunan pasangan berurutan dari elemen x dan nilai keanggotaannya, yaitu (Wang, 1997:22)

$$A = \{(x, \mu_A(x)) | x \in U\} \quad (2.1)$$

dengan $x \in U$ menunjukkan elemen dari himpunan semesta, dan

$$\mu_A(x): U \rightarrow [0,1] \quad (2.2)$$

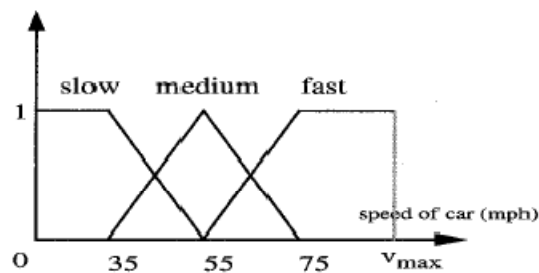
2.2. Variabel linguistik

Variabel linguistik adalah variabel yang nilainya dapat disajikan dengan kata-kata dalam bahasa alami, dan kata-kata tersebut dicirikan oleh himpunan fuzzy yang didefinisikan dalam himpunan semesta yang didefinisikan (Wang, 1997:59). Sebagai contoh, variabel usia dapat mempunyai nilai berupa kata-kata ‘muda’ atau ‘tua’.

Secara formal, variabel linguistik didefinisikan sebagai *quintuple* (v, T, X, g, m) , dengan v adalah nama variabel linguistik; T adalah himpunan istilah-istilah linguistik v yang merujuk pada *base variable* yang rentang nilainya berada pada himpunan semesta X , g adalah aturan sintaksis (atau *grammar*) untuk membangkitkan istilah linguistik, dan m adalah aturan semantik yang memasangkan setiap istilah linguistik $t \in T$ dengan artinya $m(t)$, yakni suatu himpunan fuzzy dalam X (Klir dan Yuan, 1995:102). Contoh dari variabel linguistik disajikan dalam Gambar 2.1.

Gambar 2.1 merepresentasikan kecepatan mobil sebagai variabel linguistik x yang mempunyai nilai dalam interval $[0, V_{\max}]$, dengan V_{\max} adalah kecepatan maksimum mobil. Didefinisikan 3 himpunan fuzzy, ‘*slow*’, ‘*medium*’, ‘*fast*’ dalam $[0, V_{\max}]$, sehingga dapat dikatakan ‘*x is slow*’, ‘*x is medium*’ dan ‘*x is fast*’. Tentu saja, x juga dapat mengambil

bilangan dalam interval $[0, V_{\max}]$ sebagai nilainya, misalnya $x=50\text{mph}$, 35mph dan sebagainya (Wang, 1997:59).



Gambar 2.1. Variabel linguistik untuk kecepatan mobil dengan himpunan fuzzy 'slow', 'medium' dan 'fast' sebagai nilainya (Wang, 1997:60)

Berdasarkan aturan semantik dan grammar yang digunakan untuk membangkitkan variabel linguistik, Herrera dkk (1996) menggolongkan ada 2 macam variabel linguistik, sebagai berikut.

- a. Himpunan term linguistik yang didefinisikan oleh *context free grammar* dan semantiknya disajikan sebagai bilangan fuzzy yang dideskripsikan dalam fungsi keanggotaan berdasarkan pada parameter dan aturan semantik.

Contoh: $T=\{ \text{high, very high, not high, high or medium, low} \}$

Penilaian linguistik biasanya berupa perkiraan si penilai, maka representasi yang dianggap cukup bagus menampilkan ketidakpastian dalam penilaian linguistik adalah berupa fungsi keanggotaan fuzzy, bisa berupa *trapezoid linear*, *triangular*, atau *gaussian*. Representasi fungsi keanggotaan trapezoid berupa 4-tuple $(a_i, b_i, \alpha_i, \beta_i)$. Dua parameter pertama menunjukkan interval dimana nilai keanggotaannya 1, parameter ke-3 dan ke-4 menunjukkan lebar interval kiri dan kanan.

Berikut ini contoh 3 term linguistik dengan fungsi keanggotaan *trapezoid*.

$C=\text{certain}=(1,1,0,0)$

$EL=\text{Extremely_likely}=(0.98, 0.99, 0.05, 0.01)$

$ML=\text{Most_likely}=(0.78, 0.92, 0.06, 0.05)$

- b. Himpunan term linguistik yang didefinisikan sebagai struktur urutan (*ordered structure*) dari term linguistik, dan semantiknya bisa secara simetris didistribusikan pada interval $[0,1]$ atau yang lainnya.

Contoh:

$S=\{s_0=\text{none}, s_1=\text{very low}, s_2=\text{low}, s_3=\text{medium}, s_4=\text{high}, s_5=\text{very high}, s_6=\text{perfect}\}$

Ada dua macam penentuan semantik berdasarkan distribusi pada interval, yaitu terdistribusi simetris dan tidak simetris. Contoh distribusi simetris dan tidak simetris disajikan pada Gambar 2.2 dan 2.3.

N	VL	L	M	H	VH	P
---	----	---	---	---	----	---

Gambar 2.2. Distribusi simetris himpunan 7 term linguistik

AN	VL	QL	L	M	H	VH
----	----	----	---	---	---	----

Gambar 2.3. Distribusi non-simetris himpunan 7 term linguistik

Selain 2 aturan semantik tersebut, Herrera dan Herrera-Viedma(2000), juga menyatakan bahwa variabel linguistik dapat mempunyai semantik campuran, yakni gabungan dari kedua aturan semantik tersebut. Pada semantik kategori 2, diasumsikan bahwa himpunan term linguistik terdistribusi simetris pada suatu skala dengan kardinal ganjil (maximum 7) dan term pada tengah skala menunjukkan penilaian “sekitar 0.5”, sedangkan sisa term yang lain ditempatkan secara simetris di sekitarnya. Juga diasumsikan bahwa pasangan term linguistik (s_i, s_{T-i}) memiliki informasi yang setara.

Solusi masalah MCDM yang melibatkan informasi linguistik dapat dicari dengan 3 langkah(Herrera dkk., 2011), yaitu: 1). Pemilihan himpunan term linguistik beserta semantiknya; 2). Pemilihan operator agregasi untuk informasi linguistik; dan 3). Pemilihan alternatif solusi yang terbaik, yang ditentukan atas dasar 2 langkah yaitu fase agregasi informasi linguistik dan fase eksploitasi. Banyak penelitian tentang variabel linguistik dalam MCDM telah memunculkan operator agregasi linguistik baru dengan berbagai keunggulan dan kelemahannya. Diantaranya adalah operator F_{LOWA} yang diusulkan oleh Pei dkk (2006), dengan tujuan menutup kelemahan pada operator OWA (*Ordered Weighting Average*) yang pertama kali dicetuskan oleh Yager.

2.3. Fuzzy Analytic Network Process

Analytic Network Process (ANP) pertama kali dikembangkan oleh Saaty di tahun 1996 untuk mengatasi keterbatasan AHP yang hanya dapat digunakan jika antar kriteria bersifat independen (tidak saling bergantung). ANP merupakan suatu pendekatan analisis keputusan multi kriteria yang terbukti efektif untuk menguraikan situasi keputusan yang

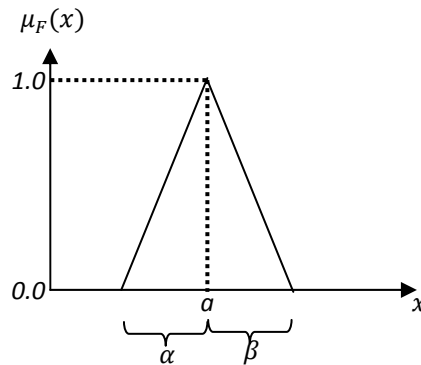
kompleks, yang melibatkan interaksi dan umpan balik di antara elemen-elemen keputusan (Asan, dkk., 2012). Meski demikian, ANP menjadi kurang efektif jika berhadapan dengan masalah ketidakpastian. Unsur-unsur subjektivitas, ketidakjelasan dan ketidaktepatan merupakan salah satu sumber kekompleksan dalam menentukan hasil akhir keputusan. Dalam hal ini, fuzzy ANP yang menggunakan konsep teori himpunan fuzzy telah banyak digunakan dalam berbagai penelitian.

Banyak metode yang diusulkan untuk menyelesaikan fuzzy ANP, salah satunya adalah dengan menggunakan pendekatan fuzzy AHP yang diusulkan oleh Chang, dan dikenal dengan *Chang's extent analysis* (Özdağoğlu, 2012). Dalam metode tersebut, dilakukan analisis setiap kriteria, g_i , sehingga diperoleh m nilai analisis lanjutan untuk setiap kriteria sebagai berikut.

$$M_{g_i}^1, M_{g_i}^2, M_{g_i}^3, M_{g_i}^4, \dots, M_{g_i}^m \quad (2.3)$$

dengan g_i , ($i = 1, 2, 3, 4, 5, \dots, n$) adalah himpunan tujuan dan $M_{g_i}^j$ ($j = 1, 2, 3, 4, 5, \dots, m$) adalah bilangan segitiga fuzzy (*triangular fuzzy number* (TFN)).

Representasi fungsi keanggotaan triangular berupa (a, α, β) dengan a adalah pusat, α adalah lebar interval ke kiri, dan β adalah lebar interval ke kanan. Representasi fungsi keanggotaan dalam *Triangular Fuzzy Number* (TFN) diilustrasikan pada gambar berikut.



Gambar 2.4. Bilangan segitiga fuzzy

Langkah-langkah metode Chang adalah sebagai berikut.

LANGKAH 1. Nilai perluasan sintesis fuzzy dalam kaitannya dengan kriteria ke- i didefinisikan

$$S_i = \sum_{j=1}^m M_{g_i}^j \otimes \left[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{g_i}^j \right]^{-1} \quad (2.4)$$

dengan

$$\sum_{j=1}^m M_{gi}^j = \left(\sum_{j=1}^m l_j, \sum_{j=1}^m m_j, \sum_{j=1}^m u_j \right) \quad (2.5)$$

Dan

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{gi}^j = \left(\sum_{i=1}^n l_i, \sum_{i=1}^n m_i, \sum_{i=1}^n u_i \right) \quad (2.6)$$

$$\left[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{gi}^j \right]^{-1} = \left(\frac{1}{\sum_{i=1}^n u_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^n m_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^n l_i} \right) \quad (2.7)$$

LANGKAH 2. Derajat kemungkinan dari $M_2 = (l_2, m_2, u_2) \geq M_1 = (l_1, m_1, u_1)$ didefinisikan dengan persamaan berikut.

$$V(M_2 \geq M_1) = \sup_{y \geq x} [\min (\mu_{M_1}(x), \mu_{M_2}(y))] \quad (2.8)$$

persamaan tersebut ekuivalen dengan persamaan berikut

$$V(M_2 \geq M_1) = hgt(M_1 \cap M_2) = \mu_{M_2}(d) \quad (2.9)$$

$$= \begin{cases} 1, & \text{jika } m_2 \geq m_1 \\ 0, & \text{jika } l_1 \geq u_2 \\ \frac{l_1 - u_2}{(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)}, & \text{lainnya} \end{cases} \quad (2.10)$$

d adalah ordinat titik potong tertinggi antara μ_{M_1} dan μ_{M_2} . Untuk membandingkan M_1 dan M_2 dibutuhkan nilai $V(M_1 \geq M_2)$ dan $V(M_2 \geq M_1)$

LANGKAH 3. Derajat kemungkinan suatu bilangan fuzzy lebih besar daripada k bilangan fuzzy $M_i (i = 1, 2, 3, 4, 5, \dots, k)$ dapat didefinisikan dengan

$$\begin{aligned} V(M \geq M_1, M_2, \dots, M_k) &= V[(M \geq M_1) \text{ dan } (M \geq M_2) \text{ dan } \dots \text{ dan } (M \geq M_k)] \\ &= \min V(M \geq M_i), i = 1, 2, 3, \dots, k \end{aligned} \quad (2.11)$$

Diasumsikan bahwa

$$d'(A_i) = \min V(S_i \geq S_k) \quad (2.12)$$

Untuk $k = 1, 2, 3, 4, 5, \dots, n, k \neq i$.

Maka vektor bobot diperoleh

$$W' = (d'(A_1), d'(A_2), \dots, d'(A_n))^T \quad (2.13)$$

LANGKAH 4. Melalui normalisasi, vektor bobot W yang merupakan bilangan non fuzzy diperoleh sebagai berikut

$$W = (d(A_1), d(A_2), \dots, d(A_n))^T \quad (2.14)$$

2.4. Fuzzy Multiple Criteria Decision Making

Masalah MCDM yang mempunyai m kriteria (C_1, \dots, C_m) dan n alternatif (A_1, \dots, A_n) dapat direpresentasikan dalam bentuk tabel keputusan seperti pada Gambar 2.5 (Fulop, 2005).

		A_1	.	.	A_n
w_1	C_1	a_{11}	.	.	a_{1n}
.
.
w_m	C_m	a_{m1}	.	.	a_{mn}

Gambar 2.5. Tabel keputusan

Nilai a_{ij} menunjukkan skor kinerja alternatif A_j pada kriteria C_i yang merupakan preferensi dari pengambil keputusan. Setiap kriteria mempunyai bobot w_i yang menunjukkan tingkat pentingnya kriteria C_i dalam proses pengambilan keputusan.

Dalam lingkungan fuzzy, masalah pengambilan keputusan kelompok ditentukan atas dasar elemen-elemen berikut (Chen, 2005:108): himpunan alternatif $A = \{A_1, A_2, \dots, A_n\}$, sekelompok expert $E = \{E_1, E_2, \dots, E_q\}$, setiap expert $e_t \in E$ memberikan preferensinya terhadap A_i sebagai $X_i^t \in S$. S adalah himpunan term label linguistik terurut $S = \{s_1, \dots, s_T\}$ dengan $s_i > s_j$ jika $i > j$. T adalah kardinalitas, yakni banyak anggota S , dan setiap label mempunyai fungsi keanggotaan. Ada tingkat kepentingan, $\mu_t, t = \{1, 2, \dots, q\}$ yang dipasangkan pada setiap expert e_t . Yager memperkenalkan bobot, $b_i, i = \{1, 2, \dots, q\}$ untuk setiap expert. Bobot ini menunjukkan tingkat kepentingan atau kepercayaan yang dimiliki masing-masing expert.

Sebagian besar masalah MCDM dalam praktek nyata melibatkan informasi yang tidak hanya kuantitatif akan tetapi juga kualitatif, yang bersifat tidak pasti. Dalam hal ini, masalah MCDM selayaknya dianggap sebagai masalah fuzzy MCDM yang melibatkan tujuan, aspek-aspek, atribut atau kriteria dan kemungkinan alternatif-alternatif atau strategi (Tseng dan Huang, 2011:2). Masalah MCDM diselesaikan dengan menggunakan teknik-teknik dalam bidang kecerdasan buatan (*artificial intelligent*) dan beberapa dekade terakhir menjadi kajian intensif dari *soft computing* karena melibatkan teori himpunan fuzzy.

2.5. Studi pendahuluan

Studi pendahuluan yang mendasari usulan penelitian ini dilakukan dengan menelaah sejumlah literatur yang membahas tentang *information fusion*, penggabungan data numerik dan linguistik, perkembangan model FMCDM dalam kaitannya dengan asesmen siswa di

sekolah. Beberapa studi awal penelitian telah dilakukan guna mendukung penelitian yang diusulkan, dan telah disusun beberapa pemodelan. Pemodelan yang dikembangkan bertolak dari penggunaan *weighting product* yang dikombinasikan dengan *fuzzy inference system* serta AHP dan *fuzzy grading system*. Pemodelan ini dikembangkan dari model yang telah diusulkan oleh Ma dan Zhou (2000) serta Mossin dkk (2010). Sebagai hasilnya, telah dipublikasikan lima buah makalah yang berkaitan dengan studi awal tersebut, sebagai berikut.

- a. Pemodelan Pengambilan Keputusan Kelompok Menggunakan *Simple Additive Weighting* dan *Fuzzy Inference System* untuk Mengevaluasi Kemampuan Dasar Mengajar Mahasiswa Calon Guru.
- b. Model Asesmen Ketrampilan Dasar Mengajar Berbasis *Group Decision Making* dan *Fuzzy Grading System*
- c. Penerapan Operator *Fuzzy Linguistik Ordered Weighted Averaging* (F_{lowa}) untuk Asesmen Aspek Afektif.
- d. Penilaian aspek afektif ‘akhlak mulia’ berbasis data linguistik
- e. *Modelling of students’ performance assessment using Fuzzy Grading System and FANP*

2.6. Roadmap penelitian

Aplikasi metode MCDM untuk kegiatan evaluasi dalam bidang pendidikan, diantaranya adalah penggunaan *Analytic Network Process* (ANP) dan *balanced scorecard* (BSC) untuk menentukan level kualitas pendidikan (Sangka dan Hussain, 2010). Penelitian lain menerapkan metode TOPSIS untuk mengevaluasi kinerja guru dengan informasi yang tidak pasti, dalam sistem penghargaan performansi guru-guru di Cina (Li dan Li, 2011). Penelitian lain dilakukan oleh Wu dkk (2009) yang menggunakan kombinasi AHP dan VIKOR untuk menilai performansi 12 universitas yang ada di Taiwan.

Model penilaian *fuzzy multi-criteria decision* dikembangkan oleh Kwok dkk (2007) untuk menilai hasil proyek siswa. Model tersebut kemudian diintegrasikan dengan *Group Support System* (GSS) untuk mendukung metode penilaian tersebut. GSS tersebut merupakan lingkungan elektronik bagi dosen dan mahasiswa untuk menentukan pilihan dalam hal kriteria penilaian dan bobotnya. Dalam metode ini pengambil keputusan memberikan bobot dan rating kriteria asesmen, kemudian skor akhir untuk alternatif A_i dihitung dengan mengalikan rating alternatif A_i dalam kriteria C_t dengan bobot kriteria C_t yang diberikan oleh

pengambil keputusan Dj. Meskipun telah menggunakan fuzzy dalam penilaian, akan tetapi metode yang digunakan masih sangat sederhana dan belum mengakomodasi data linguistik.

Aplikasi model MCDM berbasis linguistik diintegrasikan dengan kuesioner pendidikan dalam penelitian yang dilakukan oleh Carrasco dkk (2011). Penelitian ini menghasilkan kuesioner yang unik dengan berdasarkan pada bentuk *Course experience questionnaire* (CEQ). Meski penelitian ini hanya diterapkan pada kuesioner, metode yang diusulkan dapat dikembangkan untuk kegiatan evaluasi pendidikan yang lain.

Penerapan metode MCDM untuk mencari solusi dari masalah dengan data numerik, linguistik dan variasinya terus berkembang. Beberapa penelitian tersebut antara lain adalah pengembangan fuzzy TOPSIS untuk mengolah data fuzzy bernilai interval (Mehrjerdi, 2012). Metode yang diusulkan oleh Mehrjerdi (2012) sangat mungkin untuk diaplikasikan dalam asesmen belajar siswa.

Penggunaan *extended fuzzy multicriteria group decision making* (FMCGDM) diusulkan oleh Espinilla dkk (2012) dalam proses evaluasi pemeriksaan kualitas, marketing dan bidang lain dalam perusahaan industri. Metode evaluasi yang diusulkan menggunakan koefisien kedekatan dari setiap elemen yang dievaluasi dalam rangka menghasilkan ranking final. Model representasi linguistik *2-tuple* digunakan untuk mengembangkan metode FMCGDM, dengan tujuan untuk memberikan koefisien kedekatan linguistik yang mudah dipahami. Metode FMCGDM yang dikembangkan ini kemudian diaplikasikan pada proses evaluasi produksi tenunan tangan (*fabric hand*).

Penerapan teknik *fuzzy inference system* (FIS) yang menggunakan aturan fuzzy dalam format '*if-then*' untuk menilai performansi siswa antara lain dilakukan oleh Tay dkk (2009). Teknik FIS digunakan pada langkah tambahan dalam mengagregasi skor item tes pada model *Criterion-Referenced Assessment* (CRA). Tay dkk (2010) memperbaiki teknik yang diusulkannya dengan mendemonstrasikan informasi kualitatif tambahan yaitu sifat kemonotonan, dapat dieksploitasi dan diperluas sebagai bagian dari prosedur menyusun FIS.

Saxena dan Saxena (2010) meneliti tentang penggunaan *fuzzy logic* untuk menentukan performansi siswa. Nilai performansi ditentukan atas dasar 2 variabel masukan, yaitu nilai yang diperoleh (*obtained marks*) dan kehadiran. Kedua variabel masukan dan 1 variabel keluaran tersebut menggunakan variabel linguistik dengan masing-masing meliputi 4 nilai linguistik. Keluaran ditentukan dengan menggunakan himpunan aturan *if-then* yang terdiri atas 16 aturan.

Upadhyaya (2012) meneliti tentang penggunaan FIS untuk menilai performansi (kinerja) siswa yang ditentukan atas dasar 3 faktor yaitu kehadiran, keefektifan pembelajaran, dan

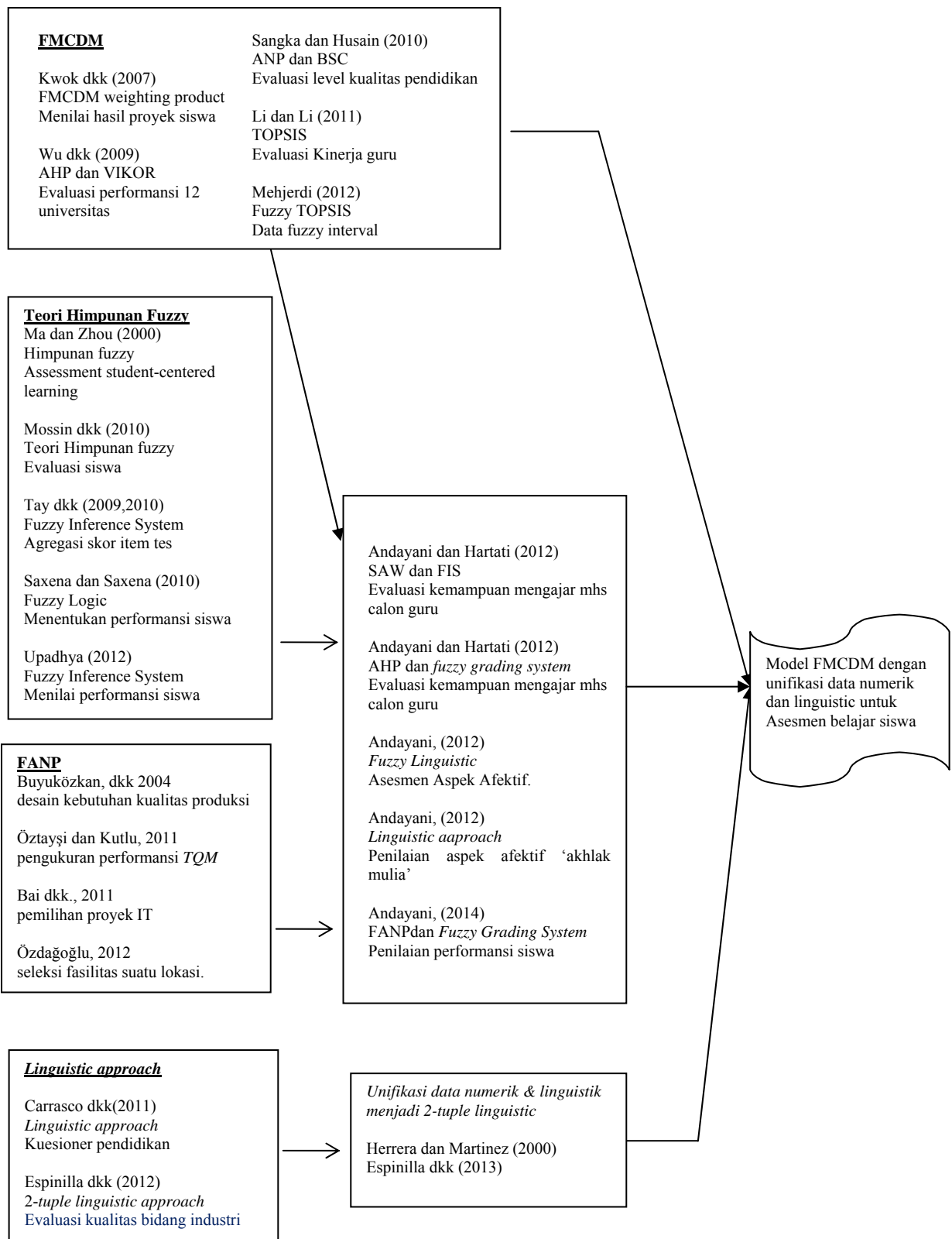
fasilitas. FIS tersebut menggunakan masukan data linguistik yang dinyatakan secara sederhana, memproses informasi dan menghasilkan keluaran berupa nilai performansi. Nilai variabel masukan dinyatakan dalam persentase. Keputusan dari FIS diturunkan dari aturan-aturan yang disimpan dalam basis data. Aturan-aturan tersebut merupakan statemen *if-then* yang mudah dipahami.

Beberapa penelitian untuk menggabungkan data numerik dan linguistik telah dilakukan, di antaranya oleh Herrera dan Martinez (2000) serta oleh Espinilla dkk(2013). Kedua penelitian tersebut menggabungkan data berbeda jenis ke dalam representasi linguistik 2 tupel (s, α) , dengan s adalah term linguistik dan α adalah nilai numerik yang menunjukkan nilai translasi simbolik (Herrera dan Martinez, 2000). Berdasarkan kedua penelitian tersebut akan ditelaah metode unifikasi data yang digunakan dan selanjutnya disesuaikan dengan kebutuhan pengembangan model yang akan dilakukan. Demikian pula dengan representasi data akhir yang diusulkan, fuzzy linguistik 2 tupel, akan dilihat kesesuaiannya dengan kebutuhan representasi yang tepat untuk data hasil keputusan.

Dalam hal penentuan bobot tingkat kepentingan kriteria yang digunakan dalam pengambilan keputusan, beberapa penelitian menunjukkan bahwa metode *Fuzzy Analytic Network Process*(FANP) paling tepat digunakan untuk menentukan bobot yang saling bergantung. Penerapan FANP antara lain dalam hal berikut: menentukan bobot kepentingan kriteria dalam desain kebutuhan kualitas produksi (Buyuközkan, dkk 2004), menentukan bobot kriteria pengukuran performansi *Total Quality Management*(Öztayşi dan Kutlu, 2011), pemilihan proyek teknologi informasi (Bai dkk., 2011), dan seleksi fasilitas suatu lokasi (Özdağoglu, 2012).

Penelitian-penelitian tentang metode FMCDM tersebut di atas telah membuka kemungkinan pengembangan metode FMCDM baru khususnya untuk pengambilan keputusan asesmen hasil belajar. Ada kondisi-kondisi khusus yang harus dipertimbangkan untuk pengembangan model tersebut, yaitu perlu penentuan bobot kompetensi yang saling mempengaruhi yang digunakan sebagai kriteria pengambilan keputusan, perlunya proses unifikasi data hasil penilaian yang berbeda jenis, serta perlu metode agregasi yang tepat dari data hasil unifikasi sehingga menghasilkan keputusan yang dapat mewakili fungsi dari asesmen hasil belajar. Masih sangat sedikit metode FMCDM yang khusus diaplikasikan untuk asesmen performansi siswa sebagai hasil proses pembelajaran selama siswa menempuh suatu jenjang pendidikan. Oleh karena itu, masih sangat terbuka kemungkinan pengembangan metode baru yang dapat dilakukan dengan berdasarkan pada metode-metode yang telah ada.

Lebih detail, peta jalan penelitian tersebut digambarkan dalam Gambar 2.6.



Gambar 2.6. Peta jalan penelitian yang diusulkan

BAB III. TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN

3.1. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan model pengambilan keputusan berbasis FMCDM yang di dalam tahapannya mengandung 3 tahapan, yaitu:

1. Proses penentuan bobot kriteria-kriteria yang digunakan dalam pemberian preferensi dengan menggunakan *Fuzzy Analytic Network Process*;
2. Proses unifikasi data numerik dan linguistik. Proses unifikasi ini sangat penting mengingat perbedaan format dan jenis data input yang harus disatukan untuk memperoleh hasil keputusan akhir;
3. Proses agregasi data untuk memperoleh hasil akhir yang akan dikembangkan dari salah satu metode FMCDM yang sudah ada.

3.2. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah dapat menghasilkan model pengambilan keputusan yang melibatkan data hasil preferensi dalam format numerik dan linguistik, dan proses unifikasi kedua jenis data. Selain itu, model tersebut menerapkan metode pemberian bobot terhadap kriteria yang saling mempengaruhi (*interdependent*) dalam pengambilan keputusan.

Model tersebut diharapkan dapat diaplikasikan sebagai model pengambilan keputusan dalam kegiatan asesmen belajar siswa di sekolah menengah di Indonesia. Dengan demikian, hasil asesmen belajar siswa di sekolah dapat lebih valid dan bermakna dalam arti dapat mencerminkan kompetensi siswa yang sesungguhnya.

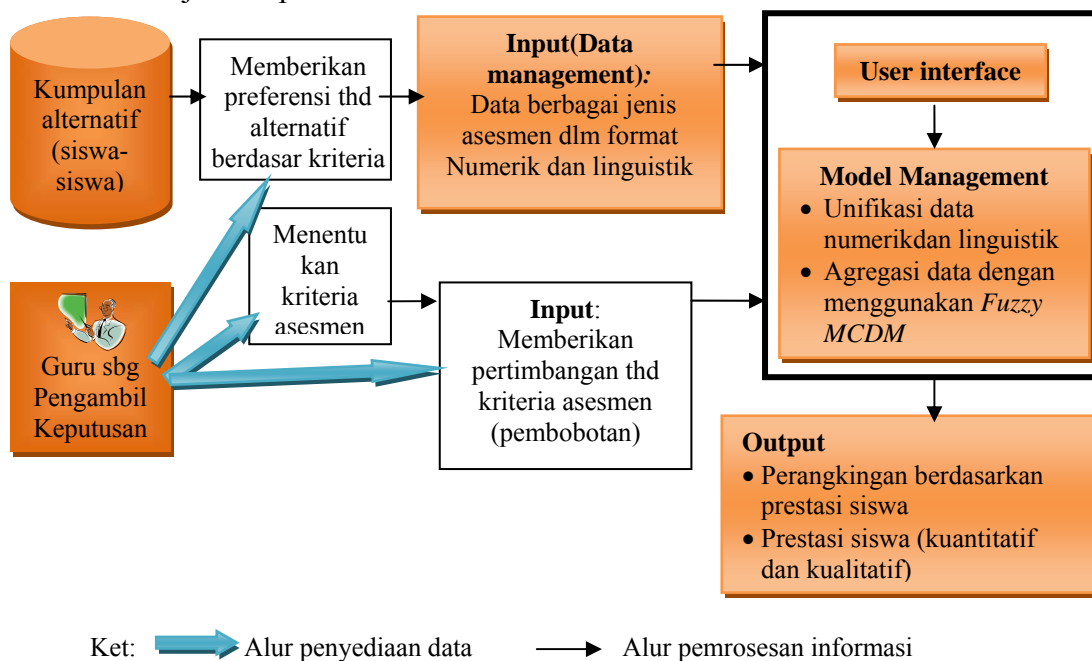
Manfaat dalam cakupan yang lebih luas, hasil penelitian ini memberikan kontribusi dalam pengembangan ilmu komputer, khususnya bidang *fuzzy multicriteria decision making*. *Novelty* dari penelitian ini adalah diperolehnya model pengambilan keputusan yang dikembangkan yang melibatkan metode pembobotan kriteria menggunakan fuzzy ANP, proses unifikasi data numerik dan linguistik, yang kemudian diakhiri dengan agregasi data untuk menghasilkan perankingan dari sejumlah alternatif yang dinilai. Proses unifikasi data numerik dan linguistik menjadi poin penting, mengingat dalam aplikasinya, banyak pengambilan keputusan yang harus memperhitungkan aspek kuantitatif dan kualitatif. Model pengambilan keputusan yang dikembangkan ini mendukung penyelesaian masalah dalam proses penilaian hasil belajar siswa, khususnya yang terkait dengan adanya cakupan aspek kuantitatif dan kualitatif, sehingga dapat dihasilkan penilaian yang lebih valid, adil (*fair*) dan reliabel.

BAB IV. METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian pengembangan, yang bertujuan untuk menghasilkan suatu **model matematis** pengambilan keputusan dalam *fuzzy multi criteria decision making* (FMCDM) dengan diawali proses unifikasi data numerik yang mewakili aspek kuantitatif dan data linguistik untuk aspek kualitatif. Selanjutnya, model FMCDM tersebut diaplikasikan untuk pengolahan data asesmen/penilaian hasil belajar.

4.1. Gambaran proses pengambilan keputusan yang akan dimodelkan

Secara umum, model yang dikembangkan dalam penelitian ini adalah model pengambilan keputusan dengan satu pengambil keputusan, yang mengevaluasi sejumlah alternatif siswa berdasarkan banyak kriteria dengan tujuan untuk meranking siswa berdasarkan nilai kinerjanya. Proses pengambilan keputusan yang dikembangkan dalam penelitian ini ditunjukkan pada **Gambar 4.1**.



Gambar 4.1 Proses pengambilan keputusan dalam asesmen hasil belajar untuk satu mata pelajaran

Keterangan **Gambar 4.1**:

1. Kumpulan alternatif (siswa-siswa):

Sebuah SPK mengevaluasi sejumlah alternatif atas dasar beberapa kriteria untuk menghasilkan solusi berupa alternatif terbaik yang dipilih dari hasil perangkingan. Dalam Gambar 3.1. alternatif yang akan dievaluasi adalah sejumlah siswa.

2. Pengambil keputusan

Pengambil keputusan dalam Sistem Pendukung Keputusan (SPK) pada Gambar 3.1. adalah guru mata pelajaran. Guru akan melakukan 3 hal yang merupakan proses penyedia data, yaitu:

- a. Menentukan kriteria asesmen; Kriteria asesmen yang dimaksud dalam model ini adalah kompetensi dasar mata pelajaran. Rincian indikator dalam setiap kompetensi dasar berfungsi sebagai subkriteria.
- b. Memberikan pertimbangan terhadap kriteria, yakni menentukan tingkat kepentingan antara kriteria satu terhadap yang lainnya. Selanjutnya tingkat kepentingan tersebut diproses menggunakan metode *Fuzzy Analytic Network Process* untuk menghasilkan bobot kriteria. Bobot ini akan menjadi salah satu input dalam proses pengambilan keputusan.
- c. Memberikan preferensi terhadap siswa berdasarkan kriteria asesmen; preferensi berupa penilaian terhadap kinerja siswa dalam beberapa jenis asesmen alternatif dan tes, dengan menggunakan skor dan variabel linguistik yang sudah ditentukan.

3. Input (*Data Management*)

Data hasil preferensi yang diberikan oleh guru terhadap kinerja siswa akan disimpan sebagai *data management*, yang merupakan input bagi SPK

4. *User interface*; bagian dari SPK yang berfungsi sebagai antar muka user untuk berkomunikasi dengan sistem (misal: memasukkan data dan melihat hasil).
5. *Model Management*; merupakan inti dari pemodelan, yang meliputi 2 tahapan proses, yaitu:
 - a. Unifikasi data numerik dan linguistik
 - b. Agregasi data hasil unifikasi menggunakan salah satu metode *fuzzy MCDM* yang sudah ada.
6. *Output*. Hasil model ini adalah perbandingan siswa berdasarkan prestasi kinerjanya. Prestasi siswa disajikan secara kualitatif dan kuantitatif atas kinerja siswa dalam mata pelajaran tertentu.

4.2. Bahan-bahan Penelitian

Bahan yang diperlukan dalam penelitian ini meliputi:

1. Hasil publikasi penelitian dan konsep-konsep yang berkaitan dengan *information fusion* dan metode unifikasi antara data numerik dan linguistik dalam konteks *fuzzy multicriteria decision making*(FMCDM);
2. Hasil publikasi penelitian dan konsep-konsep yang berkaitan dengan metode agregasi data dalam FMCDM yang terkait dengan hasil unifikasi data;
3. Konsep-konsep yang berkaitan dengan penilaian hasil belajar siswa di sekolah, baik yang menyangkut aspek kuantitatif maupun kualitatif

4.3. Langkah-langkah Penelitian

Langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengkaji hasil publikasi dan penelitian, teori dan konsep tentang representasi preferensi pengambil keputusan dalam format numerik dan linguistik, serta metode unifikasinya.
2. Menyusun representasi preferensi pengambil keputusan dalam format data numerik dan linguistik yang sesuai konsep penilaian hasil belajar, dan menyusun metode unifikasinya.
3. Mengkaji hasil publikasi dan penelitian, teori dan konsep yang berkaitan dengan metode agregasi data dalam FMCDM, misalnya TOPSIS, yang dapat digunakan dalam pengambilan keputusan dengan data hasil unifikasi.
4. Menyusun model pengambilan keputusan berdasarkan salah satu metode FMCDM untuk data hasil unifikasi.
5. Menguji dan memperbaiki model.

Langkah ini dilakukan untuk mengetahui validasi model komputasi yang telah dikembangkan. Banyak metode untuk memvalidasi suatu model, akan tetapi yang akan dilakukan pada tahap ini adalah validasi konseptual. Model komputasi yang dimaksud adalah model pengambilan keputusan yang meliputi proses unifikasi data numerik dan linguistik, serta agregasi data dengan FMCDM. Validasi dilakukan untuk melihat kecukupan landasan konsep dan teori dalam pengembangan model komputasi. Penilaian validasi akan dilakukan melalui pertimbangan dari sejumlah pakar dalam bidang *fuzzy multi criteria decision making* dan pakar evaluasi pendidikan.

Hasil validasi tersebut akan digunakan sebagai dasar untuk memperbaiki model yang telah dikembangkan.

6. Menyusun prototipe.

Model komputasi pengambilan keputusan selanjutnya dikembangkan menjadi prototipe, untuk diujicobakan dalam penilaian hasil belajar siswa.

7. Mengujicobakan prototipe model untuk asesmen hasil belajar.
Ujicoba prototipe dimaksudkan sebagai validasi eksternal, yakni untuk melihat ketepatan model komputasi yang cocok dengan data dunia nyata.
8. Menyusun naskah publikasi
Hasil penelitian yang menunjukkan kontribusi baru dalam model pengambilan keputusan yang melibatkan unifikasi data numerik dan linguistik akan disusun menjadi naskah untuk dipublikasikan dalam forum/jurnal nasional dan internasional.
9. Menyusun hasil penelitian.
Setiap proses dalam hasil penelitian akan didokumentasikan sehingga diperoleh naskah hasil kegiatan penelitian secara lengkap, dan merupakan bagian dari draft naskah disertasi.

4.4. Metode Pengumpulan Data

Pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan melalui:

1. Studi literatur, dilakukan untuk mengumpulkan data berupa teori, konsep dan hasil penelitian yang berkaitan dengan unifikasi data numerik dan linguistik, serta metode FMCDM untuk mengagregasi hasil unifikasi, sebagai dasar pengembangan model pengambilan keputusan baru.
Studi literatur juga dilakukan untuk mengumpulkan data terkait teori dan konsep penilaian hasil belajar.
2. Wawancara dengan guru, untuk mengumpulkan data terkait dengan praktik penilaian hasil belajar siswa di sekolah.
3. Proses validasi konseptual model komputasi oleh pakar yang berkaitan, untuk mengumpulkan data guna memperbaiki model yang dikembangkan.
4. Ujicoba prototipe, untuk mengumpulkan data hasil pengujian prototipe dan model yang dikembangkan.

4.5. Indikator Keberhasilan

Keberhasilan penelitian ini diukur pada tiga indikator kinerja, yaitu capaian berupa:

1. Model pengambilan keputusan berbasis FMCDM yang melibatkan unifikasi data numerik dan linguistik untuk penilaian hasil belajar;
2. Naskah publikasi hasil penelitian, yaitu satu makalah seminar nasional, satu makalah jurnal nasional, dan satu makalah jurnal internasional;
3. Draft naskah disertasi.

BAB V. HASIL YANG DICAPAI

Pada bagian ini akan dijelaskan hasil pemodelan yang disusun, yakni pengambilan keputusan yang menggabungkan data numerik dan linguistik untuk asesmen pembelajaran. Beberapa hal yang dijelaskan secara rinci terkait dengan hasil pemodelan ini meliputi parameter pengambilan keputusan, preferensi guru, *model management* dan penyajian output.

1. Parameter pengambilan keputusan

a. Contoh parameter pengambilan keputusan

Parameter yang dimaksud dalam model pengambilan keputusan untuk asesmen ini adalah standar kompetensi mata pelajaran yang dijabarkan sesuai kurikulum yang berlaku. Rincian kompetensi dasar dalam setiap standar kompetensi berfungsi sebagai subparameter.

Tabel 1 berikut menunjukkan daftar Standar Kompetensi dan kompetensi dasar yang merupakan contoh parameter penilaian dalam mata pelajaran Matematika untuk kelas X semester 1.

Tabel 1. Standar Kompetensi dan kompetensi dasar Matematika Kelas X semester 1	
Standar Kompetensi	Kompetensi Dasar
1. Memecahkan masalah yang berkaitan dengan bentuk pangkat, akar, dan logaritma	1.1 Menggunakan aturan pangkat, akar, dan Logaritma 1.2 Melakukan manipulasi aljabar dalam perhitungan yang melibatkan pangkat, akar, dan logaritma
2. Memecahkan masalah yang berkaitan dengan fungsi, persamaan dan fungsi kuadrat serta pertidaksamaan kuadrat	2.1 Memahami konsep fungsi 2.2 Menggambar grafik fungsi aljabar sederhana dan fungsi kuadrat 2.3 Menggunakan sifat dan aturan tentang persamaan dan pertidaksamaan kuadrat 2.4 Melakukan manipulasi aljabar dalam perhitungan yang berkaitan dengan persamaan dan pertidaksamaan kuadrat 2.5 Merancang model matematika dari masalah yang berkaitan dengan persamaan dan/atau fungsi kuadrat 2.6 Menyelesaikan model matematika dari masalah yang berkaitan dengan persamaan dan/atau fungsi kuadrat dan penafsirannya
3. Memecahkan masalah yang berkaitan dengan sistem persamaan linear dan pertidaksamaan satu variabel	3.1 Menyelesaikan sistem persamaan linear dan sistem persamaan campuran linear dan kuadrat dalam dua variabel 3.2 Merancang model matematika dari masalah yang berkaitan dengan sistem persamaan linear 3.3 Menyelesaikan model matematika dari masalah yang berkaitan dengan sistem persamaan linear dan penafsirannya 3.4 Menyelesaikan pertidaksamaan satu variabel yang melibatkan bentuk pecahan aljabar 3.5 Merancang model matematika dari masalah yang berkaitan dengan pertidaksamaan satu variabel 3.6 Menyelesaikan model matematika dari masalah yang

berkaitan dengan pertidaksamaan satu variabel dan penafsirannya

b. Menentukan bobot (tingkat kepentingan) kompetensi pembelajaran

Dalam pencapaian tujuan pembelajaran, antar kompetensi dapat terjadi saling berkaitan, artinya ada kompetensi yang diperlukan untuk menguasai kompetensi lain. Kompetensi pembelajaran seharusnya mempunyai bobot kepentingan yang secara signifikan mempengaruhi hasil keputusan, dan dapat merepresentasikan kekuatan dan kelemahan pencapaian siswa terhadap kompetensi tersebut. Oleh karena itu, penentuan bobot kepentingan ini menjadi penting berdasarkan pada alasan tersebut.

Bobot kompetensi W_i , adalah besar angka yang ditetapkan untuk suatu kompetensi dalam perbandingan tingkat kesulitan dengan kompetensi lainnya dalam satu keutuhan kompetensi pembelajaran untuk satu semester, dan $\sum W_i = 1$. Ada beberapa hal penting yang harus diperhatikan dalam proses penentuan bobot kompetensi pembelajaran. Pertama, ketergantungan antar kompetensi harus ikut diperhitungkan. Kedua, bobot tidak boleh bernilai nol (0), karena bobot nol berarti kompetensi tersebut tidak diperhitungkan dalam pencapaian hasil belajar, dan hal itu tidak sesuai dengan prinsip penilaian. Ketiga, pemberian preferensi terhadap bobot kompetensi harus mempertimbangkan tingkat kesulitan kompetensi, yang diidentifikasi melalui tingkat kedalaman, keluasan cakupan dan kompleksitas materi yang terkandung dalam kompetensi tersebut. Pemberian preferensi terhadap atribut tersebut harus dilakukan oleh guru-guru yang sudah berpengalaman. Keempat, tingkat kesulitan kompetensi yang meliputi tiga hal tersebut adalah atribut kualitatif yang nilainya tidak dapat ditentukan dengan pasti.

Ada beberapa metode penentuan bobot yang biasa digunakan dalam model pengambilan keputusan (Eshlaghy and Radfar, 2006; Eshlaghy dkk, 2011). Menimbang empat hal penting dalam penentuan bobot kompetensi di atas, maka disusun metode penentuan bobot kompetensi yang mengkombinasikan antara rating scale dan fuzzy analytic network process (FANP). Likert-scale digunakan untuk memperoleh data penilaian guru berpengalaman

terhadap kedalaman, cakupan dan kompleksitas kompetensi. Berdasarkan beberapa alasan yang akan dijelaskan pada bagian selanjutnya, data dari skala likert ini adalah termasuk sebagai data vague sehingga metode pada tahap selanjutnya menggunakan FANP.

Fuzzy Analytic Network Process

ANP merupakan suatu pendekatan analisis keputusan multi kriteria yang terbukti efektif untuk menguraikan situasi keputusan yang kompleks, yang melibatkan interaksi dan umpan balik di antara elemen-elemen keputusan (Asan, 2012). Fuzzy ANP dikembangkan untuk mengatasi keterbatasan ANP yang menjadi kurang efektif jika berhadapan dengan masalah ketidakpastian. Langkah-langkah dalam metode FANP banyak dideskripsikan dalam berbagai penelitian yang menggunakan metode tersebut untuk menyelesaikan berbagai permasalahan (Buyuközkan, 2004; Bai and Zhan, 2011; Öztayşi dan Kutlu, 2011).

Proses menghitung bobot setiap parameter diawali dengan membentuk Pair wise Comparison Matrix (PCM), untuk membandingkan antar parameter menggunakan variabel linguistic. Dalam beberapa penelitian, variabel fuzzy linguistik ini yang digunakan dalam PCM berbeda-beda sesuai dengan keperluannya (Bai and Zhan, 2011; Öztayşi dan Kutlu, 2011; Tseng and Huang, 2011; Promentilla dkk, 2008)

Selanjutnya, bobot global kriteria dan sub kriteria diselesaikan dengan menggunakan pendekatan *Chang's extent analysis* (Buyuközkan, 2004 ; Özdağoglu, 2012). Dalam metode tersebut, m nilai analisis untuk setiap kriteria dinotasikan sebagai $M_{gi}^1, M_{gi}^2, M_{gi}^3, \dots, M_{gi}^m$ dengan $M_{gi}^j (j=1,2,3,\dots,m) M_{gi}^j (j=1,2,3,4,5, \dots, m)$ adalah triangular fuzzy number (TFN).

Bilangan segitiga fuzzy ditunjukkan dengan $M = (l, m, u)$ sedangkan operasi antara dua bilangan fuzzy M_1 dan M_2 antara lain adalah penjumlahan $M_1 \oplus M_2 = (l_1 + l_2, m_1 + m_2, u_1 + u_2)$, perkalian $M_1 \otimes M_2 = (l_1 l_2, m_1 m_2, u_1 u_2)$ dan invers $M_1^{-1} = (1/u_1, 1/m_1, 1/l_1)$.

Steps of Chang's Extend Analysis is described below. Nilai perluasan sintesis fuzzy dalam kaitannya dengan kriteria ke- i didefinisikan sebagai berikut

$$S_i = \sum_{j=1}^m M_{gi}^j \otimes \left[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{gi}^j \right]^{-1} \quad (1)$$

$$\text{where } \sum_{j=1}^m M_{gi}^j = \left(\sum_{j=1}^m l_j, \sum_{j=1}^m m_j, \sum_{j=1}^m u_j \right) \text{ and } \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{gi}^j = \left(\sum_{i=1}^n l_i, \sum_{i=1}^n m_i, \sum_{i=1}^n u_i \right)$$

$$\left[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{gi}^j \right]^{-1} = \left(\frac{1}{\sum_{i=1}^n u_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^n m_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^n l_i} \right)$$

Derajat kemungkinan dari $M_2 = (l_2, m_2, u_2) \geq M_1 = (l_1, m_1, u_1)$ $M_2 = (l_2, m_2, u_2) \geq M_1 = (l_1, m_1, u_1)$ didefinisikan dengan persamaan $V(M_2 \geq M_1) = \sup_{v \geq x} [\min(\mu_{M_1}(x), \mu_{M_2}(y))]$.

Persamaan tersebut ekuivalen dengan persamaan berikut

$$V(M_2 \geq M_1) = hgt(M_1 \cap M_2) = \mu_{M_2}(d) = \begin{cases} 1, & \text{if } m_2 \geq m_1 \\ 0, & \text{if } l_1 \geq u_2 \\ \frac{l_1 - u_2}{(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)} & \text{others} \end{cases}$$

d is a highest intersection (hgt) between μ_{M_1} and μ_{M_2} . To compare M_1 and M_2 it requires value of $V(M_1 \geq M_2)$ and $V(M_2 \geq M_1)$

Derajat kemungkinan suatu bilangan fuzzy lebih besar daripada k bilangan fuzzy $M_i (i=1,2,...,k)$ dapat didefinisikan dengan menggunakan

$$V(M \geq M_1, M_2, ..., M_k) = V[(M \geq M_1) \text{ and } (M \geq M_2) \text{ and } ... \text{ and } (M \geq M_k)] = \min V(M \geq M_i), i=1, ..., k$$

Diasumsikan bahwa $d'(A_i) = \min V(S_i \geq S_k)$ for $k=1,2,...,n, k \neq 1$. Maka vektor bobot diperoleh $W' = (d'(A_1), d'(A_2), ..., d'(A_n))^T$. Melalui normalisasi, vektor bobot W yang merupakan bilangan non fuzzy diperoleh sebagai berikut $W = (d(A_1), d(A_2), ..., d(A_n))^T$

Metode utama dalam penentuan bobot ini adalah FANP, menimbang bahwa ada ketergantungan antar kompetensi pembelajaran. Akan tetapi, ada beberapa kelemahan dari FANP yang harus diatasi agar tidak menghasilkan bobot nol. Pertama, kelemahan FANP adalah jika jumlah parameter dan ketergantungannya semakin banyak, semakin banyak pula perbandingan berpasangan yang harus ditentukan. Keterbatasan pengetahuan dan pemahaman responden yang memberi penilaian antar parameter yang diperbandingkan juga mempengaruhi hasil perhitungan ANP (Öztürk, 2006)

Kedua, *consistency ratio (CR)* adalah hal yang sangat penting dan harus diperhitungkan untuk memperoleh reliabilitas dari matriks perbandingan berpasangan dalam metode AHP (Başaran, 2012). PCM yang tidak konsisten akan menghasilkan bobot kriteria yang diperbandingkan tidak menggambarkan kondisi yang sebenarnya. Dalam hal ini, dapat diperoleh bobot nol, yang tidak boleh terjadi dalam asesmen hasil belajar. Ketiga, skala linguistik dan representasi TFN yang digunakan untuk membandingkan antar elemen harus ditentukan dengan tepat karena ikut mempengaruhi perhitungan bobot yang dihasilkan.

Untuk menyelesaikan masalah menentukan bobot kompetensi pembelajaran dilakukan pengaturan sebagai berikut (a) menyederhanakan proses pemberian skor untuk atribut kompetensi yang diperbandingkan dengan memanfaatkan likert-scale, (b) menentukan skala

fuzzy linguistik dan degree of fuzziness yang sesuai dengan permasalahan penilaian hasil belajar, dan (c) mengatur PCM agar konsisten.

Menyederhanakan proses pemberian skor untuk atribut kompetensi yang diperbandingkan

Bobot learning competency ditentukan atas dasar tingkat kesulitannya. Atribut yang relevant untuk menilai tingkat kesulitan adalah kedalaman (depth), keluasan cakupan (scope) serta kompleksitas (complexity) materi yang terkandung dalam kompetensi. Kedalaman materi menyangkut seberapa detail konsep-konsep yang harus dipelajari/dikuasai oleh siswa. Keluasan cakupan materi menunjukkan seberapa banyak materi yang harus dipelajari. Kompleksitas menunjukkan kerumitan materi misalnya melibatkan lebih banyak materi lain, membutuhkan penalaran dan kecermatan siswa yang tinggi, atau membutuhkan banyak langkah untuk dipahami.

Dalam masalah penentuan bobot kompetensi ini, responden akan kesulitan memberikan penilaian dalam proses membandingkan antar kompetensi jika setiap kali membandingkan harus memperhitungkan tiga atribut tersebut. Oleh karena itu digunakan skala likert untuk membantu mengumpulkan data penilaian, yang selanjutnya digunakan untuk menjembatani pengisian PCM.

Pemberian skor untuk ketiga atribut tersebut diperoleh dengan menggunakan skala Likert, karena ketiga atribut tersebut adalah data kualitatif yang diberi angka. Skala Likert cocok untuk mengukur nilai ketiga atribut tersebut karena tidak dapat diukur dengan tepat oleh responden. Lima kategori dalam skala likert sangat mungkin menunjukkan level pemahaman yang berbeda dari orang yang berbeda. Jadi, responden yang berbeda mungkin akan berfikir berbeda tetapi memberikan skor yang sama. Dengan demikian data yang diperoleh dengan skala Likert dapat dikatakan sebagai tidak pasti, sehingga cocok jika dikombinasikan dengan FANP dalam tahap berikutnya.

Secara umum, skala 1-5 untuk skala likert untuk tujuan ini adalah sebagai berikut.

Kedalaman : 1= sangat biasa, 2=biasa, 3=tidak terlalu dalam, 4=dalam, 5=sangat dalam.

Cakupan : 1= sangat biasa, 2=biasa, 3=tidak terlalu luas, 4=luas, 5=sangat luas.

Kompleksitas: 1= sangat sederhana, 2= sederhana, 3=tidak terlalu kompleks, 4= kompleks, 5=sangat kompleks.

Beberapa guru yang berpengalaman diminta untuk memberi skor terhadap kompetensi tersebut.

Misalkan x_{ij}^k adalah skor yang diperoleh dari skala likert untuk setiap i th basic competency, j th attribute, k th standard competency. Then total score for each basic competency is $x_i^k = \sum_{j=1}^3 x_{ij}^k$ for $i = 1, \dots, b$, $j = 1, \dots, 3$, and k is number of standard competency.

Total score for each standard competency is $\bar{x}^k = \frac{1}{b^k} \sum_{i=1}^{b^k} x_i^k$ where b^k is the number of basic competency in standard competency k .

Selisih skor antar 2 kompetensi yang dibandingkan, digunakan sebagai dasar penentuan skala fuzzy linguistik dalam PCM, seperti yang disajikan dalam Tabel 2. Keuntungan dari penyederhanaan pemberian skor ini adalah responden hanya sekali memberikan penilaian terhadap kompetensi yang diperbandingkan untuk selanjutnya dapat digunakan mengisi seluruh matriks PCM yang diperlukan dalam tahapan FANP.

Menentukan Skala Linguistic Fuzzy

Tabel 2 menunjukkan skala perbandingan variabel linguistik yang diadopsi dari Promentilla et al (2008) yang linguistic scale dan besaran degree of fuzziness didesain untuk menyelesaikan permasalahan asesmen. Kolom '*Difference score*' diperoleh dari selisih skor antar 2 kompetensi yang dibandingkan.

TABLE 2. Linguistic scale for PCM combined with difference score of rating scale

Difference score	Linguistic scale	Fuzzy scale (l,m,u)	reciprocal
0	Sama sulit (S)	=(1,1,1)	=(1,1,1)
1-3	Sedikit lebih sulit (D)	=(1,2,5)	=(1/5,1/2,1)
4-6	Lebih sulit (L)	=(1,3,6)	=(1/6,1/3,1)
7-9	Sangat lebih sulit (G)	=(1,4,7)	=(1/7,1/4,1)
10-12	Ekstrem lebih sulit (E)	=(2,5,8)	=(1/8,1/5,1/2)

Jika selisih skor bernilai negatif, artinya skala linguistik yang sesuai adalah *reciprocal* dari skala linguistik yang bersesuaian. Ada 5 dari 9 skala fuzzy linguistic yang diadopsi dari promentilla et al (2008) dengan alasan untuk menyederhanakan perbandingan antar kriteria. Kelima skala yang ditentukan dianggap cukup untuk memberikan penilaian perbandingan antar kriteria, sebagaimana pendapat (Zikmund, dkk. 2012) yang menyatakan bahwa skala 5 – 8 adalah yang paling optimal dalam melakukan survey penelitian. *Degree of fuzziness* δ dipilih 3, dengan maksud untuk memberi kelonggaran penilai dalam memberikan penilaian perbandingan berpasangan.

Mengatur PCM agar konsisten

Untuk membuat PCM konsisten, jika ada n competencies maka perbandingan antar competency cukup diwakili dengan comparing competency 1 to competency j , $j=2,\dots,n$. Perbandingan ini akan menjadi nilai elemen a_{ij} dengan $i=1$ dan $j=2,\dots,n$. Selanjutnya elemen yang lain ditentukan dengan merujuk pada (Brunelli dkk, 2013) sebagai berikut:

$$a_{ji} = 1 / a_{ij} \quad a_{ik} = a_{ij} \times a_{jk}, \quad \forall i, j, k$$

PCM yang dihasilkan berdasarkan rumus tersebut adalah konsisten yang dapat dihitung dengan langkah yang dijelaskan dalam [(Brunelli dkk, 2013).

Berdasarkan beberapa pengaturan tersebut, maka kami menyusun algoritma penentuan bobot kompetensi pembelajaran yang mengkombinasikan likert scale dengan FANP seperti disajikan dalam Table 3.

TABLE 3. Algorithm of combined rating scale and FANP to determine important weight of learning competency

Step	Description
Step1	Scoring using likert-scale for each attribute of basic competency
Step2	Adding the score for each basic competency
Step3	Menghitung score standard competency, yaitu rata-rata dari score basic competency dalam standard competency yang sama
Step4	Mengisi PCM antar competency yang akan dicari bobotnya dengan merujuk pada table 1
Step5	Menghitung bobot setiap standard competency dengan asumsi tidak ada dependensi diantara mereka (weight of Independent Criteria, W_{IC}) berdasarkan Chang's Extend Analysis
Step6	Menghitung bobot relatif setiap standard competency dengan mengacu pada interdependence yang terjadi antar standard competency berdasarkan Chang's Extend Analysis. Bobot relatif setiap standard competency ini selanjutnya digabung menjadi satu matriks bobot relatif (Relatif Important weight, R_{IW})
Step7	Multiplying $R_{IW} \times W_{IC}$, and then normalized, to obtain final important weight of each standard competency (W_{SC})
Step8	Menghitung bobot setiap basic competency dalam masing-masing standard competency (W_{BC}) based on Chang's Extend Analysis
Step9	Multiplying W_{SC} with each W_{BC} to obtain global weight of each basic competency (GW_{BC})

2. Preferensi Guru

Guru memberikan preferensi berupa penilaian terhadap kinerja siswa terhadap siswa berdasarkan parameter asesmen; preferensi dalam beberapa jenis asesmen alternatif dan tes, dengan menggunakan skor dan variabel linguistik yang sudah ditentukan.

Guru sebagai pengambil keputusan memberikan preferensi atas kompetensi pembelajaran dalam bentuk nilai kuantitatif atau kualitatif. Nilai kuantitatif dapat secara mudah disajikan menggunakan numerik, sedangkan nilai kualitatif lebih tepat disajikan menggunakan variabel linguistik.

Proses asesmen pembelajaran dilakukan melalui berbagai macam teknik, baik tes maupun non tes, dan pada umumnya nilai diberikan dalam bentuk nilai numerik yang kemudian diinterpretasikan menjadi nilai huruf atau variabel linguistik. Teknik asesmen non

tes seperti penugasan dan observasi sangat mungkin atau bahkan lebih tepat jika disajikan dengan menggunakan variabel linguistik. Kadangkala, lebih mudah menilai menggunakan variabel linguistik terhadap tugas dan pengamatan dalam hal penilaian yang tidak dapat dipastikan dengan menggunakan skor yang tepat. Mempertimbangkan kemungkinan tersebut, maka diusulkan penggunaan variabel linguistik, bukan untuk merepresentasikan aspek kualitatif, tetapi untuk merepresentasikan preferensi guru terhadap kompetensi pembelajaran dalam beberapa teknik assessmen non tes. Dengan demikian, guru dapat menilai menggunakan variabel linguistik, dalam hal yang selama ini dilakukan dengan menggunakan numerik.

Berdasarkan uraian tersebut, maka diusulkan eksploitasi variabel linguistik fuzzy sebagai bentuk preferensi guru dalam teknik assessmen non tes, seperti pemberian tugas, pengamatan (sistematis), presentasi, serta portofolio. Eksploitasi ini untuk merepresentasikan penilaian yang bersifat subjektif atau tidak dapat dipastikan dengan jelas batasan-batasannya. Dengan demikian, sangat memberi peluang pemanfaatan nilai kualitatif di samping nilai kuantitatif, dan dapat digunakan dalam berbagai jenis asesmen alternatif dalam aspek kognitif, psikomotorik dan afektif.

Rumusan tujuan Standar Penilaian Pendidikan dalam Permendikbud No. 66 tahun 2013 menyiratkan beberapa poin penting yang harus tercakup dalam proses penilaian, diantaranya penilaian yang dilakukan merupakan penilaian autentik dan penilaian hasil belajar peserta didik yang berkualitas sesuai dengan kompetensi yang akan dicapai meliputi sikap, pengetahuan, dan keterampilan.

Penilaian autentik merupakan penilaian yang dilakukan secara komprehensif untuk menilai mulai dari masukan, proses, dan keluaran pembelajaran, yang meliputi ranah sikap, pengetahuan, dan keterampilan. Jenis penilaian autentik antara lain penilaian kinerja, penilaian portofolio, dan penilaian proyek, termasuk penilaian diri peserta didik. Instrumen yang digunakan untuk jenis-jenis penilaian tersebut adalah skala penilaian (rating scale) yang disertai rubrik. Rubrik adalah daftar kriteria yang menunjukkan kinerja, aspek-aspek atau konsep-konsep yang akan dinilai, dan gradasi mutu, mulai dari tingkat yang paling sempurna sampai yang paling buruk. Tabel 4 berikut menunjukkan contoh rubrik penilaian portofolio.

Tabel 4. Contoh kriteria penilaian portofolio

No	Komponen yang dinilai	Skor		
		1	2	3
1	Persiapan			

2	Pelaksanaan			
3	Pelaporan hasil			

Arti skor: 3 = baik; 2 = kurang baik; 1 = tidak baik

Jenis penilaian tersebut mempunyai kriteria penilaian yang dapat langsung diisi dengan menggunakan variabel linguistik fuzzy, misalnya dalam 5 kategori: sangat tepat, tepat, agak tepat, tidak tepat, dan sangat tidak tepat. Untuk jenis penilaian autentik yang lain, juga dapat dikembangkan kriteria penilaian yang isian nilainya sangat memungkinkan menggunakan variabel fuzzy linguistik. Penggunaan variabel fuzzy sangat tepat untuk mewakili ketidakpastian dalam kriteria yang ditentukan, dan juga untuk memperhitungkan unsur subjektivitas dalam penilaian secara adil dan akurat. Dengan demikian, seberapa pun kecilnya capaian yang diperoleh siswa akan dapat memberikan sumbangan yang bermakna bagi penilaian kinerjanya secara keseluruhan.

Pendefinisian Variabel Linguistik Fuzzy yang diusulkan

Pengembangan data penilaian ke arah penggunaan data linguistik selain data numerik dalam teknik penilaian tes dan non tes, mengharuskan adanya pendekatan dari representasi data linguistik untuk penilaian yang diusulkan. Berdasarkan (Herrera and Herrera-Viedma, 2000) maka himpunan istilah linguistik yang diusulkan dalam model komputasi asesmen hasil belajar ini adalah sebagai berikut.

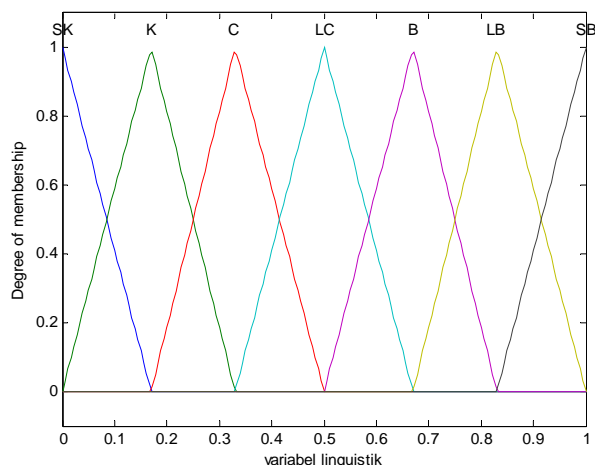
$$S = \{s_0, s_1, s_2, s_3, s_4, s_5, s_6\}$$

Deskripsi semantiknya dijelaskan dalam Tabel 5.

Tabel 5. Himpunan istilah linguistik yang diusulkan

Singkatan	notasi	Term linguistik	TFN
SK	s_0	Sangat Kurang	(0,0,0.17)
K	s_1	Kurang	(0, 0.17, 0.33)
C	s_2	Cukup	(0.17, 0.33, 0.5)
LC	s_3	Lebih dari Cukup	(0.33, 0.5, 0.67)
B	s_4	Baik	(0.5, 0.67, 0.83)
LB	s_5	Lebih dari Baik	(0.67, 0.83, 1)
SB	s_6	Sangat Baik	(0.83,1,1)

Grafiknya tampak seperti dalam Gambar 5.1.



Gambar 5.1. Representasi grafis himpunan istilah linguistik yang diusulkan

Himpunan istilah linguistik tersebut di atas beranggotakan variabel linguistik skala ordinal, yang semantiknya menggunakan fungsi keanggotaan fuzzy, dan direpresentasikan dengan bilangan segitiga fuzzy (*Triangular Fuzzy Number*, TFN). Hal ini merujuk pada Herrera and Herrera-Viedma (2000) bahwa himpunan linguistik dapat mempunyai semantik campuran.

Ada empat alasan kuat pemilihan TFN sebagai representasi variabel linguistik dalam model yang diusulkan ini. Dua alasan pertama didasarkan pada 2 keunggulan TFN yaitu yang pertama TFN merupakan metode yang sederhana dan mudah dipahami untuk merepresentasikan penilaian dari pengambil keputusan. Kedua, operasi aritmatika fuzzy dalam TFN sangat mudah dilakukan (San Lin dkk, 2013). Alasan ketiga adalah fungsi keanggotaan TFN dinilai cukup handal dalam menampilkan ketidakpastian dari asesmen linguistik yang biasanya merupakan perkiraan penilaian subjektif dari pengambil keputusan (Herrera-Viedma dkk, 2004).

Alasan keempat berangkat dari konsep pengukuran dalam bidang pendidikan, yakni model pengukuran pada teori tes klasik yang menunjukkan bahwa skor tampak terdiri atas atas skor sebenarnya atau skor murni dan skor kesalahan. Hubungan ketiga skor tersebut dapat ditulis sebagai berikut.

$$X=T+E$$

Dengan X adalah skor tampak, T adalah skor murni dan E adalah kesalahan pengukuran (Mardapi, 2012:53)

Kesalahan pengukuran dapat berasal dari beberapa sumber, yakni alat ukur, yang diukur dan yang mengukur. Dalam hal sumber yang mengukur, merujuk pada sifat subjektivitas manusia yang merujuk pada nilai ketidakpastian, sehingga nilai E dapat dianggap sebagai derajat ketidakpastian (*degree of fuzziness*). Secara grafis hubungan ketiga skor tersebut merujuk hal yang sama dengan TFN.

Himpunan istilah linguistik yang didefinisikan terdistribusi simetris pada suatu skala dengan kardinal ganjil (dalam hal ini 7). Istilah linguistik pada tengah skala menunjukkan penilaian “sekitar 0.5”, sedangkan sisa istilah yang lain ditempatkan secara simetris di sekitarnya, seperti ditunjukkan dalam Gambar 5.2.

SK	K	C	LC	B	LB	SB
----	---	---	----	---	----	----

Gambar 5.2. Distribusi simetris himpunan 7 istilah linguistik

Pemilihan deskripsi linguistik yang tepat untuk himpunan istilah linguistik dan semantiknya dilakukan dengan mempertimbangkan kardinalitas dari derajat perbedaan ketidakpastian yang mungkin terjadi. Umumnya kardinalitas yang digunakan dalam model linguistik adalah ganjil, seperti 7 atau 9, di mana istilah linguistik yang berada di tengah merupakan penilaian dari "sekitar 0,5," dan sisanya ditempatkan secara simetris di sekitarnya. Pemilihan kardinalitas ini merujuk pada penelitian Miller yang merekomendasikan penggunaan 7 ± 2 label, lebih kecil dari 5 akan menghasilkan informasi yang kurang mencukupi, sedangkan lebih dari 9 terlalu banyak untuk memahami secara tepat perbedaan yang ada (Dutta dkk, 2014).

Dalam konsep pengukuran dalam bidang pendidikan, skala dengan 7 kategori, dan jarak antar kategori sama, sejalan dengan skala pengukuran Thurstone (Mardapi, 2012). Skala thurstone adalah skala yang disusun dengan memilih butir yang berbentuk skala interval. Setiap butir mempunyai kunci skor dan kunci skor menghasilkan nilai yang berjarak sama. Dalam skala Thurstone, skor 1 menunjukkan nilai yang paling tidak relevan dengan hal yang dinyatakan dengan skala tersebut, dan skor 7 menunjukkan yang paling relevan.

3. Model Management

Model management merupakan inti dari pemodelan, yang meliputi 2 tahapan proses, yaitu:

- a) Unifikasi data numerik dan linguistik

- b) Agregasi data hasil unifikasi menggunakan salah satu metode *fuzzy MCDM* yang sudah ada.

Hasil unifikasi data numeric dan linguistik direpresentasikan dalam linguistic 2-tuple.

Konsep fuzzy linguistik 2-tupel

Karakteristik aspek-aspek yang terkandung dalam pemecahan permasalahan sehari-hari, memunculkan cara penanganan yang berbeda dalam upaya mencari solusinya. Ada masalah yang dapat ditangani dengan berbagai jenis nilai numerik yang tepat, namun dalam kasus lain, ada masalah yang menyajikan aspek kualitatif sehingga cukup kompleks untuk menilai dengan cara dan nilai-nilai yang tepat dan benar. Dalam kasus terakhir, penggunaan pendekatan fuzzy linguistik telah memberikan hasil yang sangat baik, dimana aspek-aspek kualitatif diwakili secara kualitatif dengan menggunakan variabel linguistik (Herrera dan Martínez, 2000a). Cara penyelesaian permasalahan yang menggunakan proses komputasi informasi linguistik selanjutnya memunculkan istilah *computing with word* (CW).

Selain jenis aspek kuantitatif atau kualitatif yang terlibat, banyak permasalahan sehari-hari yang berhubungan dengan ketidakpastian, sehingga pengelolaan ketidakpastian tersebut menjadi tantangan besar. Penggunaan informasi linguistik dalam model pengolahan ketidakpastian telah memberikan hasil yang baik dan menunjukkan hasil pencapaian proses CW.

Sebelum dekade terakhir, CW banyak berkembang dengan dua pendekatan, yaitu pendekatan yang melibatkan prinsip ekstensi dan pendekatan simbolik. Pendekatan pertama, dikenal dengan model komputasi linguistik berdasarkan fungsi keanggotaan, didasarkan pada pendekatan fuzzy linguistik dan membuat perhitungan langsung pada fungsi keanggotaan dari istilah linguistik dengan menggunakan prinsip ekstensi. Yang kedua adalah model komputasi linguistik simbolik berdasarkan skala ordinal, yaitu melakukan perhitungan pada indeks istilah linguistik. Model ini telah banyak diterapkan pada proses pengambilan keputusan karena adaptasi yang mudah dan sederhana bagi para pengambil keputusan (Herrera dan Martínez, 2012).

Pendekatan fuzzy linguistik telah berhasil digunakan untuk banyak masalah, meski masih ditemui keterbatasannya yaitu hilangnya informasi yang disebabkan oleh proses perkiraan untuk mengekspresikan hasil dalam domain awal yang diskrit. Hilangnya informasi menyiratkan kurangnya presisi hasil akhir dari fusi informasi linguistik. Herrera dan Martinez (2000) mengusulkan model untuk mengatasi keterbatasan tersebut, yaitu model informasi linguistik yang dinyatakan melalui 2-tupel, yang disusun oleh istilah linguistik dan nilai

numerik dinilai dalam $[0.5, 0.5]$. Model ini memungkinkan representasi yang kontinu dari informasi linguistik pada domainnya, oleh karena itu, dapat mewakili penghitungan informasi yang diperoleh dalam proses agregasi.

Model representasi linguistik 2-tupel menyajikan informasi linguistik dalam cara 2 tupel (s, α) , dengan s adalah istilah linguistik dan α adalah nilai numerik yang menunjukkan nilai dari translasi simbolik. Berikut ini adalah definisi-definisi dasar tentang linguistik 2-tuple yang digunakan dalam penelitian ini yang diambil dari Herrera dan Martinez (2000b).

Definisi 1. Translasi simbolik dari istilah linguistik $s_i \in S = \{s_0, \dots, s_g\}$ terdiri dari nilai numerik $\alpha_i \in [-0.5, 0.5]$ yang menunjukkan “perbedaan informasi” antara informasi β yang diases dalam $[0, g]$ yang diperoleh setelah operasi agregasi simbolik dan nilai terdekat dalam $\{0, \dots, g\}$ yang menunjukkan indeks istilah linguistik terdekat dalam $S(s_i)$

Definisi 2: Diketahui $S = \{s_0, s_1, \dots, s_g\}$ adalah himpunan istilah linguistik dan $\beta \in [0, g]$ adalah nilai yang mewakili hasil dari operasi agregasi simbolik, maka translasi 2-tuple yang mengungkapkan informasi setara dengan β diperoleh dengan fungsi berikut:

$$\Delta: [0, g] \rightarrow S \times [-0.5, 0.5] \quad \text{dengan } \Delta(\beta) = (s_i, \alpha)$$

$$\text{Dengan } \begin{cases} s_i, & i = \text{round}(\beta) \\ \alpha = \beta - i & \alpha \in [-0.5, 0.5] \end{cases}$$

Dengan $\text{round}(\cdot)$ adalah operasi round spt biasa, s_i memiliki label indeks terdekat dengan β dan α adalah nilai dari translasi simbolik.

Proposisi 1. Misal $S = \{s_0, s_1, \dots, s_g\}$ adalah himpunan term linguistik dan (s_i, α) adalah 2 tuple. Selalu ada fungsi Δ^{-1} sedemikian sehingga dari 2 tuple menghasilkan nilai numerik yang ekuivalen $\beta \in [0, g] \subset R$:

$$\Delta^{-1}: S \times [-0.5, 0.5] \rightarrow [0, g]$$

$$\Delta^{-1}(s_i, \alpha) = i + \alpha = \beta$$

Catatan: dari definisi 2 dan 3 dan dari proposisi 1, jelaslah bahwa konversi dari istilah linguistik menjadi linguistik 2 tuple terdiri dari penambahan nilai nol sebagai simbol translasi

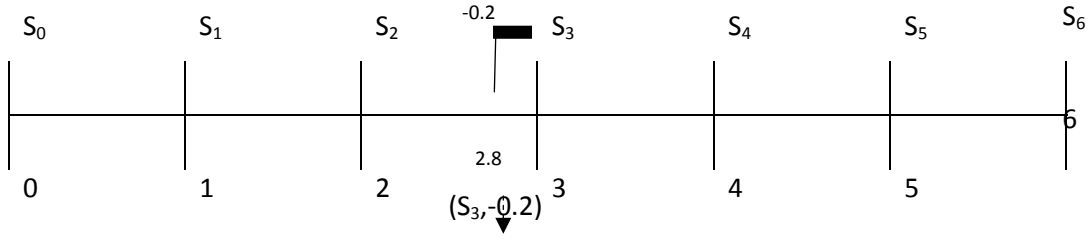
$$s_i \in S \Rightarrow (s_i, 0)$$

Contoh:

Misalkan operator agregasi simbolik atas label diases dalam $S = \{s_0, s_1, s_2, s_3, s_4, s_5, s_6\}$ yang mendapat hasil $\beta = 2.8$ maka representasi dari informasi dengan 2 tuple akan menjadi

$$\Delta(2.8) = (s_3, -0.2)$$

Representasi grafisnya disajikan dalam Gambar 5.3.



Gambar 5.3. Representasi grafis dari $(s_3, -0.2)$

1) Comparison of 2-Tuples

Misal (s_k, α_1) dan (s_l, α_2) adalah 2 tuple, yang masing-masing merepresentasikan perhitungan informasi sebagai berikut:

- Jika $k < l$ maka (s_k, α_1) lebih kecil daripada (s_l, α_2)
- Jika $k = l$ maka
 - 1) Jika $\alpha_1 = \alpha_2$ maka $(s_k, \alpha_1), (s_l, \alpha_2)$ menyajikan informasi yang sama
 - 2) Jika $\alpha_1 < \alpha_2$ maka (s_k, α_1) lebih kecil (s_l, α_2)
 - 3) Jika $\alpha_1 > \alpha_2$ maka (s_k, α_1) lebih besar (s_l, α_2)

2) Negation Operator of a 2-Tuple

$$Neg(s_i, \alpha) = \Delta(g - (\Delta^{-1}(s_i, \alpha)))$$

Dimana $g + 1$ adalah kardinalitas $S, S = \{s_0, s_1, \dots, s_g\}$

3) Operator agregasi linguistik 2-tuple

Dalam literatur kita dapat menemukan banyak operator agregasi yang memungkinkan untuk menggabungkan informasi yang sesuai dengan kriteria yang berbeda. Model fuzzy representasi linguistik dengan 2-tupel telah mendefinisikan fungsi Δ dan Δ^{-1} yang mengubah nilai numerik menjadi 2-tupel dan sebaliknya tanpa kehilangan informasi, oleh karena itu, setiap operator agregasi numerik dapat dengan mudah diperluas untuk menangani linguistik 2-tupel.

A. Arithmetic mean

Mean aritmetik adalah operator agregasi klasik, operator yang setara untuk linguistik 2-tupel didefinisikan sebagai berikut.

Definisi 3. Misal $x = \{(r_1, \alpha_1), \dots, (r_n, \alpha_n)\}$ adalah himpunan 2 tuple, aritmetik mean 2 tuple \bar{x}^c dihitung dengan

$$\bar{x}^c = \Delta \left(\sum_{i=1}^n \frac{1}{n} \Delta^{-1}(r_i, \alpha_i) \right) = \Delta \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \beta_i \right)$$

B. Weighted Average Operator

Definisi 4. Misal $x = \{(r_1, \alpha_1), \dots, (r_n, \alpha_n)\}$ adalah himpunan 2 tuple dan $W = \{w_1, \dots, w_n\}$ adalah bobot yang bersesuaian. Weighted average 2 tuple \bar{x}^c adalah

$$\bar{x}^c = \Delta \left(\frac{\sum_{i=1}^n \Delta^{-1}(r_i, \alpha_i) \cdot w_i}{\sum_{i=1}^n w_i} \right) = \Delta \left(\frac{\sum_{i=1}^n \beta_i \cdot w_i}{\sum_{i=1}^n w_i} \right)$$

C. Ordered Weighted Aggregation (OWA) Operator

Definisi 6. Misal $x = \{(r_1, \alpha_1), \dots, (r_n, \alpha_n)\}$ adalah himpunan 2 tuple dan $W = \{w_1, \dots, w_n\}$ adalah bobot yang memenuhi: 1). $w_i \in [0,1]$ dan 2). $\sum w_i = 1$. Operator OWA 2 tuple F^c untuk linguistik 2 tuple dihitung dengan

$$F^c((r_1, \alpha_1), \dots, (r_n, \alpha_n)) = \Delta \left(\sum_{j=1}^n w_j \cdot \beta_j^* \right)$$

Dengan β_j^* adalah j terbesar dari nilai β_i

Model SPK Asesmen dengan Unifikasi Data Numerik dan Linguistik

Proses penentuan hasil atau nilai akhir asesmen pendidikan melibatkan data siswa dan kumpulan data skor atas kompetensi yang dinilai. Dalam model komputasi pengambilan keputusan, siswa adalah himpunan alternatif yang akan diranking untuk diseleksi, yang dinotasikan dengan $X = \{x_1, \dots, x_n\}$. Setiap alternatif x_i mempunyai sekumpulan atribut $C = \{c_1, \dots, c_k\}$, yaitu kompetensi-kompetensi mata pelajaran yang pada masing-masingnya siswa harus dinilai performansinya.

Misal setiap siswa memiliki n attributes yang merujuk pada n kompetensi. Setiap kompetensi memiliki k macam teknik asesmen, nilai dalam k_i dapat berupa numerik $x \in [0,1]$ atau linguistik $S = \{s_0, \dots, s_g\}$. Skema ini digambarkan dalam Table 6.

Table 6. Scheme of assessment problem with numeric and linguistik value

Alternatif (a_i)/ students	Competency Standard 1												Competency Standard m											
	Attribute/ Basic Competency 1				Attribute/ Basic Competency ...				Attribute/ Basic Competency n				Attribute/ Basic Competency 1				Attribute/ Basic Competency ...				Attribute/ Basic Competency n			
	T	A ₁	...	O	T	A ₁	...	O	T	A ₁	...	O	T	A ₁	...	O	T	A ₁	...	O	T	A ₁	...	O
a_1	x_{11}	s_{11}	...																					
\vdots																								
a_k																								

Note: Abb. T, A, O refer to assessment techniques, that are T=Test O=Observation A=assignment

Berdasarkan tahapan proses komputasinya, maka model komputasi yang menggabungkan data numerik dan linguistik ditentukan dalam 4 proses, yaitu normalisasi, transformasi, agregasi dan eksploitasi. Bagan proses pendekatan ini ditampilkan dalam Gambar 5.4.

Setiap kolom dari masing-masing teknik asesmen dapat disajikan menjadi sebuah matrix keputusan $R_k = (r_{ij}^k)_{m \times n}$, k adalah jenis teknik penilaian, $r_{ij} \in [0,1]$ jika menggunakan nilai numerik dan $r_{ij} \in s_i = \{s_0, s_1, \dots, s_g\}$ jika menggunakan nilai linguistik.

Berikut ini adalah langkah-langkah yang dilakukan dalam model yang diusulkan.

(a). Mentransformasi setiap information numerik dan linguistik dalam matrix keputusan

$R_k = (r_{ij}^k)_{m \times n}$ menjadi 2-tuple linguistik $\bar{R} = (\bar{r}_{ij})_{m \times n}$;

(b). Menghitung rata-rata arithmetic setiap kompetensi dari setiap siswa dari seluruh matriks teknik asesmen untuk menentukan matrix keputusan final;

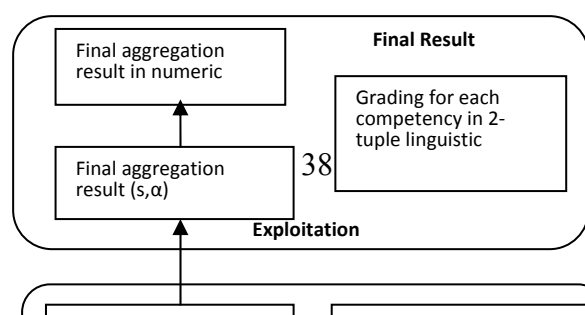
(c). Menghitung tingkat kepentingan (bobot) dari kompetensi pembelajaran menggunakan using Fuzzy Analytic Network Process;

(d). Mendeskripsikan level pencapaian dari setiap kompetensi untuk setiap siswa

(e). mengagregasi informasi dari matriks keputusan final dan bobot kompetensi menggunakan operator 2-tuple linguistik untuk memperoleh hasil final;

(f). Transform the final results into the final pertinent numeric value.

Secara singkat, langkah-langkah tersebut disajikan dalam diagram berikut.



Gambar 5.4. Bagan proses pendekatan

Tahap preprocessing merupakan langkah untuk mengubah data numerik menjadi menjadi data dalam interval $[0,1]$. Tahap kedua, adalah proses transformasi, yaitu mengubah data numerik dan linguistik menjadi linguistik 2-tuple. Tahap ketiga adalah tahap agregasi yaitu mengolah data linguistik 2-tuple hasil transformasi menjadi nilai akhir dengan menggunakan operator agregasi linguistik 2-tuple. Dalam tahap ini, setiap bobot kriteria akan ikut diperhitungkan. Tahap terakhir adalah tahap eksploitasi, yang meliputi 2 proses yaitu melakukan pemeringkatan nilai dalam setiap kriteria dan menampilkan nilai agregasi akhir dalam urutan berdasarkan peringkat.

Tahap transformasi

Preferensi yang diberikan oleh guru untuk siswa berisi informasi numeric dan linguistik yang disajikan dalam bentuk matriks keputusan. Selanjutnya, setiap elemen dalam matrix tersebut ditransformasi menjadi 2-tuple linguistik.

a. Fungsi Transformasi dari nilai $[0,1]$ menjadi linguistik 2-tuple

Misalkan $q \in [0,1]$ adalah nilai numerik dan $S = \{s_0, \dots, s_g\}$ adalah himpunan term linguistik.

Akan ditentukan linguistik 2 tuple yang merepresentasikan informasi dari q dan yang diakses dalam S . Prosedur transformasinya disusun dengan 2 langkah sebagai berikut:

- Mengubah q menjadi himpunan fuzzy dalam S
- Mentransformasi himpunan fuzzy tersebut menjadi linguistik 2 tuple dalam S

Langkah 1, mengubah q menjadi himpunan fuzzy dalam S dilakukan berdasarkan definisi berikut.

Definisi 3 :

Misalkan $q \in [0,1]$ adalah nilai numerik dan $S = \{s_0, \dots, s_g\}$ adalah himpunan term linguistik.

Transformasi q menjadi himpunan fuzzy dalam S dengan menggunakan fungsi r didefinisikan sebagai berikut:

$$\tau: [0,1] \rightarrow F(S)$$

$$\tau(q) = \{(s_0, \omega_0), \dots, (s_g, \omega_g)\}, s_i \in S \text{ and } \omega_i \in [0,1], \text{ such that}$$

$$\omega_i = \mu_{s_i}(q) = \begin{cases} 0 & \text{if } q \notin \text{support}(\mu_{s_i}(q)) \\ \frac{q-a_i}{b_i-a_i} & \text{if } a_i \leq q \leq b_i \\ 1 & \text{if } b_i \leq q \leq d_i \\ \frac{c_i-q}{c_i-d_i} & \text{if } d_i \leq q \leq c_i \end{cases}$$

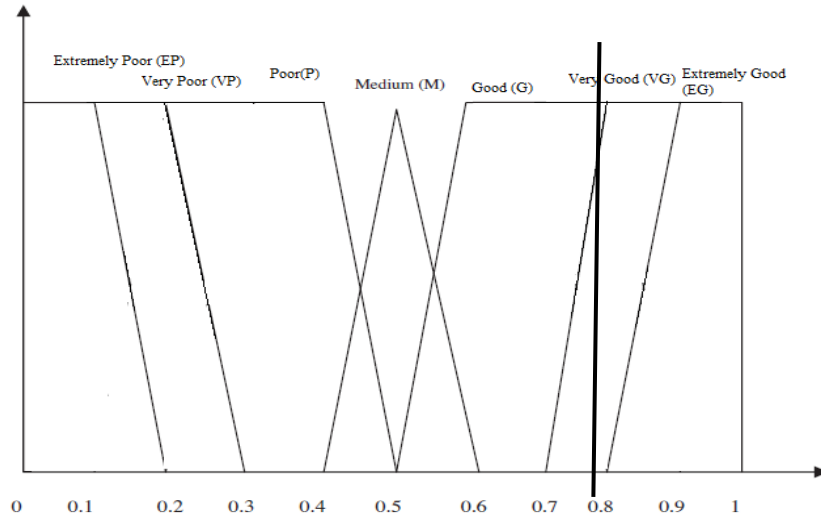
Dengan mengingat bahwa semantik dari fungsi keanggotaan μ_{s_i} dtentukan oleh parameter trapezoid (a_i, b_i, c_i, d_i)

Note: *The support of a fuzzy set A is the set of all points x in X such that $\mu_A(x) > 0$*

Contoh:

Misal $q = 0.78$ adalah nilai numerik yang akan ditransfer ke dalam fuzzy set dalam S . Akan dihitung himpunan fuzzy dari q atas himpunan linguistik seperti dalam tabel berikut.

Linguistik variable	Trapezoidal fuzzy number
Extremely poor (EP)	(0.0, 0.0, 0.1, 0.2)
Very poor (VP)	(0.0, 0.0, 0.2, 0.3)
Poor (P)	(0.0, 0.0, 0.4, 0.5)
Medium (M)	(0.4, 0.5, 0.5, 0.6)
Good (G)	(0.5, 0.6, 1, 1)
Very good (VG)	(0.7, 0.8, 1, 1)
Extremely good (EG)	(0.8, 0.9, 1, 1)



Hasil penentuan himpunan fuzzy dari $q = 0.78$ atas himpunan linguistik S disajikan dalam tabel berikut.

Linguistik variable	Trapezoidal fuzzy number	$\tau S(0.78)$
Extremely poor (EP)	(0.0, 0.0, 0.1, 0.2)	EP,0
Very poor (VP)	(0.0, 0.0, 0.2, 0.3)	VP,0
Poor (P)	(0.0, 0.0, 0.4, 0.5)	P,0
Medium (M)	(0.4, 0.5, 0.5, 0.6)	M,0
Good (G)	(0.5, 0.6, 1, 1)	G,1
Very good (VG)	(0.7, 0.8, 1, 1)	$(0.78-0.7)/0.1=VG,0.8$
Extremely good (EG)	(0.8, 0.9, 1, 1)	0

Langkah 2, setelah diperoleh himpunan fuzzy atas himpunan linguistik yang didefinisikan, maka proses mentransformasi menjadi linguistik 2 tuple dilakukan berdasarkan definisi berikut.

Definisi 4.

Misalkan $\tau(q) = \{(s_0, \omega_0), \dots, (s_g, \omega_g)\}$ adalah himpunan fuzzy yang merepresentasikan nilai numerik $q \in [0,1]$ atas himpunan linguistik $S = \{s_0, \dots, s_g\}$. Untuk diperoleh nilai numerik yang merepresentasikan informasi dari himpunan fuzzy yang diakses dalam interval $[0,g]$ dengan menggunakan fungsi χ

$$\chi: F(S_T) \rightarrow [0, g]$$

$$\chi(\tau(q)) = \chi(\{(s_j, \omega_j), j = 0, \dots, g\}) = \frac{\sum_{j=0}^g j \omega_j}{\sum_{j=0}^g \omega_j} = \beta$$

Nilai β ditransformasi menjadi linguistik 2 tuple dengan menggunakan fungsi Δ

Dari himpunan fuzzy yang diperoleh di atas, akan diperoleh himpunan linguistik 2 tuple yang sesuai

$$\chi(\tau(Q)) = \chi(\{s_j, \omega_j\}, j = 0, \dots, g) = \frac{\sum_{j=0}^g j\omega_j}{\sum_{j=0}^g \omega_j}$$

$$\chi(\tau_S(0.78)) = \chi(\{EP, 0\}, \{VP, 0\}, \{P, 0\}, \{M, 0\}, \{G, 1\}, \{VG, 0.8\}, \{EG, 0\}) =$$

$$\frac{\sum_{j=0}^g j\omega_j}{\sum_{j=0}^g \omega_j} = \frac{0.0+1.0+2.0+3.0+4.1+5.0,8+6.0}{0+0+0+0+1+0,8+0} = \frac{8}{1,8} = 4,444$$

Maka linguistik 2 tuple yang merepresentasikan nilai 0.78 dalam himpunan linguistik adalah

$$\Delta(4,44) = (G, 0.4$$

Hasil linguistik 2 tuple tersebut di atas harus dipastikan dapat dikembalikan ke nilai numerik semula. Oleh karena itu, diperlukan fungsi transformasi yang mengubah nilai linguistik 2 tuple menjadi nilai numerik dalam $[0,1]$.

Berikut ini adalah fungsi transformasi yang dimaksud.

Mentransformasi linguistik 2 tuple menjadi nilai $[0,1]$

Ada 2 tahap yang dilakukan untuk mengubah nilai linguistik 2 tuple menjadi nilai $[0,1]$,

- Mengubah linguistik 2 tuple berdasar pada translasi simbolik menjadi dua pasang 2 tuple berdasarkan fungsi keanggotaan, sebagaimana dijelaskan dalam **definisi 3**.
- Mengubah dua pasang 2 tuple berdasarkan fungsi keanggotaan menjadi numerik dalam $[0,1]$, seperti dijelaskan dalam **definisi 4**.

Definisi 5. Misalkan (s_k, α) adalah **linguistik 2 tuple yang berdasar pada translasi simbolik**, dengan $s_k \in S = \{s_0, \dots, s_g\}$ dan $\alpha \in [-0.5, 0.5)$ yang mempunyai ekuivalen nilai numerik $\Delta^{-1}((s_k, \alpha) = \beta$ dengan $\beta \in [0, g]$. **Fungsi δ menghitung dua pasang 2 tuple berdasarkan fungsi keanggotaan**, dari linguistik 2 tuple awal yang mendukung penghitungan yang sama dari informasi:

$$\delta: [0, g] \rightarrow \{S_T \times [0,1]\} \times \{S_T \times [0,1]\}$$

$$\delta(\beta) = \{(s_h, 1 - \gamma), (s_{h+1}, \gamma)\}$$

$$\text{Dengan } h = \text{trunc}(\beta)$$

$$\gamma = \beta - h$$

Definisi 6. Misal $(s_h, 1 - \gamma)$ and (s_{h+1}, γ) adalah dua 2tuple berdasarkan derajat keanggotaan, nilai numerik ekuivalen dalam $[0,1]$ diperoleh menggunakan fungsi κ

$$\kappa: \{S_T \times [0,1]\} \times \{S_T \times [0,1]\} \rightarrow [0,1]$$

$$\kappa\{(s_h, 1 - \gamma), (s_{h+1}, \gamma)\} = CV(s_h)(1 - \gamma) + CV(s_{h+1})(\gamma)$$

Dengan CV adalah fungsi yang memberikan characteristic value

Characteristic value (CV)

Characteristic value (CV) yang berkaitan bilangan fuzzy adalah nilai crisp yang merupakan ringkasan dari informasi yang diberikan oleh himpunan fuzzy v_i .

Misal $F(\mathcal{R})$ adalah himpunan bilangan fuzzy yang didefinisikan dalam \mathcal{R} . Setiap bilangan fuzzy $v_i \in F(\mathcal{R})$ mempunyai fungsi keanggotaan $\mu_{v_i}: F(\mathcal{R}) \rightarrow [0,1]$. Untuk setiap bilangan fuzzy v_i diketahui characteristic value yang berbeda, $CV(v_i) = \{C_i^1, C_i^2, \dots, C_i^z\}$. Diasumsikan bahwa $C_i^j \in Supp(v_i) = \{r \in \mathcal{R} | \mu_{v_i}(r) > 0\}$.

Beberapa CV yang lain didefinisikan sebagai *center of gravity*, nilai maksimum dll.

The maximum value (MV) of the membership function

Jika diberikan label s_i dengan fungsi keanggotaan $\mu_{y_{s_i}}(v), v \in V = [0,1]$, heightnya didefinisikan sebagai $height(s_i) = Sup\{\mu_{y_{s_i}}(v), \forall v\}$. Dengan demikian $CV(.)$ maximum value didefinisikan sebagai $MV(s_i) = \{v | \mu_{(s_i)}(v) = height(s_i)\}$

When there are more than one v satisfying the condition, it can be obtained in several different ways: taking the lower (First-of-Maxima) or the higher (Last-of-Maxima) of them, or taking the average of these two values (Middle-of-Maxima) (Cordon, dkk. 1997)

Contoh:

Dari 2 tuple berdasarkan translasi simbolik dari contoh di atas, akan ditransformasi menjadi dua 2 tuple berdasarkan derajat keanggotaan.

2tuple yang diperoleh pada contoh sebelumnya adalah $(G, 0.44)$

$$h = trunc(\beta) = trunc(4.44) = 4$$

$$\gamma = \beta - h = 4.44 - 4 = 0.44$$

Jadi dua 2 tuple berdasarkan derajat keanggotaan yang diperoleh adalah

$$(s_h, 1 - \gamma) = (s_4, 1 - 0.44) = (G, 0.56)$$

dan

$$(s_{h+1}, \gamma) = (s_{4+1}, 0.44) = (VG, 0.44)$$

Nilai numerik yang ekuivalen dengan dua 2 tuple tersebut diperoleh dengan fungsi **maksimum value sbg CV**.

Jadi jika label s_4 dengan fungsi keanggotaan

$$CV(G) * 0.56 + CV(VG) * 0.44$$

$$= 0.6 * 0.56 + 0.8 * 0.44$$

$$= 0.688$$

Ternyata berdasarkan hasil perhitungan menunjukkan nilai numerik TIDAK SAMA DENGAN NILAI AWALNYA. Herrera dan Martinez (2000) telah memaparkan 4 contoh

perhitungan tersebut terhadap 4 set term linguistik yang berbeda. Dan memperoleh hasil yang menunjukkan syarat agar suatu himpunan linguistik dapat dipergunakan dalam proses ini:

Jika diketahui himpunan term linguistik $S = \{s_0, \dots, s_g\}$, perlu dipastikan bahwa:

- S adalah partisi fuzzy. Suatu himpunan terbatas $\{s_0, \dots, s_g\}$ dari subset fuzzy dalam semesta X (dalam kasus ini $X=[0,1]$) disebut partisi fuzzy jika $\sum_{i=0}^g \mu_{s_i}(x) = 1, \forall x \in X$
- Fungsi keanggotaan dari termsnya adalah triangular, yaitu $s_i = (a_i, b_i, c_i)$
- $CV(s_i) = x | \mu_{s_i}(x) = 1$, adalah fungsi nilai karakteristik yang menghasilkan suatu nilai yang memiliki derajat keanggotaan maksimum

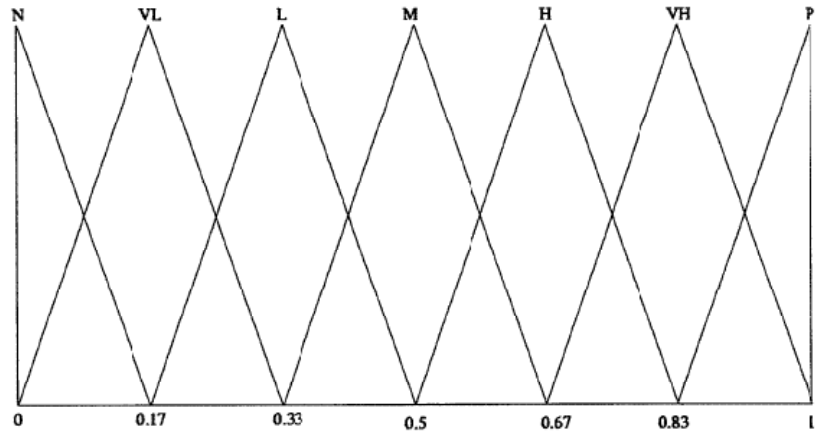
Ketiga kondisi tersebut merupakan syarat perlu dan cukup agar fungsi transformasi antara linguistik 2-tupel dan nilai $[0,1]$ dan sebaliknya menghasilkan hasil yang tepat tanpa ada informasi yang hilang,

Contoh

Misalkan ada 4 siswa yang akan dinilai rankingnya, dengan 6 atribut yang digunakan sebagai kriteria perangkingan, dengan term linguistik yang dipakai ditunjukkan dalam tabel berikut.

Singkatan	Istilah linguistik	TFN
N	None	(0,0,0.17)
VL	Very Low	(0, 0.17, 0.33)
L	Low	(0.17, 0.33, 0.5)
M	Medium	(0.33, 0.5, 0.67)
H	High	(0.5, 0.67, 0.83)
VH	Very High	(0.67, 0.83, 1)
P	Perfect	(0.83,1,1)

Grafiknya tampak seperti dalam gambar berikut.



Nilai yang diperoleh setiap siswa disajikan pada tabel berikut.

Siswa ke	Nilai kuantitatif			Nilai kualitatif		
	Atribut1	Atribut2	Atribut3	Atribut4	Atribut5	Atribut6
1	0.8	0.9	0.7	VH	H	VH
2	0.8	0.7	0.8	H	M	M
3	0.8	0.6	0.9	M	H	M
4	0.85	0.8	0.8	H	VH	H

Proses transformasi input menjadi linguistik 2 tuple dilakukan dengan menggunakan fungsi yang sudah ditentukan di atas.

Misal perhitungan transformasi untuk data siswa ke-1 dalam atribut ke-1 adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned}\tau(y_{11}) &= \tau(0.8) = \{(N, 0), (VL, 0), (L, 0), (M, 0), (H, 0.19), (VH, 0.81), (P, 0)\} \\ \chi(\{(N, 0), (VL, 0), (L, 0), (M, 0), (H, 0.19), (VH, 0.81), (P, 0)\}) &= 4.81 \\ \Delta(4.81) &= (VH, -0.19)\end{aligned}$$

Dengan cara yang sama, maka diperoleh hasil transformasi seperti ditunjukkan dalam Tabel berikut.

Siswa ke	Nilai kuantitatif			Nilai kualitatif		
	Atribut1	Atribut2	Atribut3	Atribut4	Atribut5	Atribut6
1	(VH, -0.19)	(VH, 0.41)	(H, 0.19)	(VH, 0)	(H, 0)	(VH, 0)
2	(VH, -0.19)	(H, 0.19)	(VH, -0.19)	(H, 0)	(M, 0)	(M, 0)
3	(VH, -0.19)	(H, -0.41)	(VH, 0.41)	(M, 0)	(H, 0)	(M, 0)
4	(VH, 0.13)	(VH, -0.19)	(VH, -0.19)	(H, 0)	(VH, 0)	(H, 0)

Tahap Agregasi

Tahap selanjutnya adalah mengagregasi linguistik 2-tuple yang diperoleh oleh setiap alternatif untuk semua atribut. hasil agregasi akan digunakan untuk menentukan ranking alternatif

Pada tahap ini jika setiap atribut yang dilibatkan mempunyai bobot, maka bobot ini ikut diperhitungkan dalam operator agregasi yang sesuai, misalnya menggunakan weighted average operator atau OWA operator. Operator arithmetic mean dan weighted average didefinisikan sebagai berikut.

Definisi 3. Misal $x = \{(r_1, a_1), (r_2, a_2), \dots, (r_n, a_n)\}$ adalah himpunan 2-tupel, maka rata-rata aritmetiknya adalah

$$(\bar{r}, \bar{a}) = \Delta \left(\frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \Delta^{-1}(r_j, a_j) \right), \bar{r} \in S, \bar{a} \in [-0.5, 0.5)$$

Definisi 4. Misal $x = \{(r_1, a_1), (r_2, a_2), \dots, (r_n, a_n)\}$ adalah himpunan 2-tupel dan $\omega = (\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n)$ adalah vektor bobot 2 tuple (r_j, a_j) ($j = 1, 2, \dots, n$) dan $\omega_1 \in [0, 1], j = 1, 2, \dots, n, \sum_{j=1}^n \omega_j = 1$ maka rata-rata terboboti 2 tuple adalah

$$\begin{aligned} (\bar{r}, \bar{a}) &= \varphi((r_1, a_1), (r_2, a_2), \dots, (r_n, a_n)) \\ &= \Delta \left(\frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \omega_j \Delta^{-1}(r_j, a_j) \right), \bar{r} \in S, \bar{a} \in [-0.5, 0.5) \end{aligned}$$

Jika setiap atribut tidak memiliki bobot, operator aritmatik mean misalnya, dapat digunakan untuk memperoleh nilai akhir 2 tuple, contohnya sebagai berikut.

	Siswa1	Siswa2	Siswa3	Siswa4
Linguistik 2tuple	$(VH, -0.44)$	$(H, -0.03)$	$(H, -0.03)$	$(VH, -0.38)$
Nilai numerik	0.72	0.66	0.66	0.76

Nilai numerik akhir dalam tabel tersebut diperoleh dengan menggunakan fungsi δ dan κ . Fungsi κ menggunakan nilai maksimum sebagai CV.

Misal

$$\begin{aligned} \delta(VH, -0.44) &= \{(H, 0.44), (VH, 0.56)\} \\ \kappa\{(H, 0.44), (VH, 0.56)\} &= CV(H) * 0.44 + CV(VH) * 0.56 = 0.725 \end{aligned}$$

$$0.67 * 0.44 + 0.83 * 0.56 = 0.75$$

4. Menyajikan output

Misalnya seorang guru akan menilai kompetensi pembelajaran dari siswa-siswanya dalam suatu mata pelajaran yang memiliki 14 kompetensi dalam satu semester, seperti disajikan dalam table 2. Penilaian dilakukan dengan menggunakan tiga macam teknik penilaian yaitu test, assignments dan observation.

Sebagai contoh, ada 6 siswa yang akan dinilai, $A_i, i = 1, \dots, 6$. Matrix keputusan yang digunakan untuk menyajikan skor penilaian adalah

$$R_k = (r_{ij}^{(k)})_{6 \times 14} \quad (k = 1, 2, 3)$$

dengan $r_{ij} \in [0,1]$, or $r_{ij} = s_{ij} \in S, i = 1, \dots, 6; j = 1, \dots, 14$

k adalah jenis teknik penilaian

$k = 1$, for test, $k = 2$, for Assignment, $k = 3$, for Observation,

Himpunan istilah linguistik S yang digunakan adalah seperti dalam Table 1. Misal skor penilaian yang diberikan oleh guru membentuk matrix keputusan sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 R_1 &= \begin{pmatrix} C_1 & C_2 & C_3 & C_4 & C_5 & C_6 & C_7 & C_8 & C_9 & C_{10} & C_{11} & C_{12} & C_{13} & C_{14} \\ A_1 & 0.75 & 0.65 & 0.84 & 0.67 & 0.90 & 0.75 & 0.77 & 0.95 & 1 & 0.86 & 0.70 & 0.85 & 0.88 & 0.90 \\ A_2 & 0.55 & 0.45 & 0.70 & 0.50 & 0.70 & 0.65 & 0.45 & 0.66 & 0.65 & 0.56 & 0.34 & 0.40 & 0.54 & 0.60 \\ A_3 & 0.95 & 0.90 & 0.90 & 0.88 & 0.85 & 0.88 & 0.90 & 0.80 & 0.80 & 0.78 & 0.75 & 0.80 & 0.80 & 0.85 \\ A_4 & 0.65 & 0.70 & 0.70 & 0.75 & 0.7 & 1 & 1 & 0.7 & 1 & 1 & 0.6 & 0.6 & 0.66 & 0.83 \\ A_5 & 0.60 & 0.60 & 0.70 & 0.65 & 0.5 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0.6 & 0.6 & 0.8 & 0.65 & 0.81 \\ A_6 & 0.8 & 0.70 & 0.90 & 0.80 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0.8 & 1 & 0.7 & 0.8 & 0.7 & 0.88 \end{pmatrix} \\
 R_2 &= \begin{pmatrix} C_1 & C_2 & C_3 & C_4 & C_5 & C_6 & C_7 & C_8 & C_9 & C_{10} & C_{11} & C_{12} & C_{13} & C_{14} \\ A_1 & E & G & G & G & G & AA & A & VG & G & E & G & G & VG & G \\ A_2 & A & P & A & AA & P & A & P & G & A & G & P & A & AA & G \\ A_3 & E & G & G & E & E & VG & E & G & VG & VG & E & G & G & E \\ A_4 & G & G & G & A & AA & AA & VG & G & G & AA & AA & A & G & VG \\ A_5 & G & G & A & A & A & G & G & G & G & AA & G & G & A & G \\ A_6 & VG & AA & G & VG & G & VG & VG & E & G & G & E & G & G & E \end{pmatrix} \\
 R_3 &= \begin{pmatrix} C_1 & C_2 & C_3 & C_4 & C_5 & C_6 & C_7 & C_8 & C_9 & C_{10} & C_{11} & C_{12} & C_{13} & C_{14} \\ A_1 & G & VG & E & G & AA & G & AA & VG & G & E & G & G & E & VG \\ A_2 & A & AA & A & G & P & VP & P & G & A & G & AA & AA & G & G \\ A_3 & VG & G & G & VG & E & G & E & G & VG & G & G & G & G & G \\ A_4 & A & AA & AA & A & A & G & G & AA & G & A & A & P & P & A \\ A_5 & A & A & P & P & VP & AA & G & G & G & A & A & AA & A & G \\ A_6 & G & A & E & G & G & G & G & G & G & G & G & G & G & VG \end{pmatrix}
 \end{aligned}$$

Setelah mentransformasi matrix $R^k = (r_{ij}^k)_{m \times n}$ menjadi matriks 2-tuple linguistik $\bar{R} = (\bar{r}_{ij})_{m \times n}$ menggunakan equation (1), (4), (5) dan (2), matriks keputusan akhir ditentukan dengan menggunakan equation (6), dan menghasilkan matriks sebagai berikut.

$$VG -0.17 \quad G \quad 0.29 \quad VG \quad 0.02 \quad G \quad 0.00 \quad G \quad 0.14 \quad G \quad -0.17 \quad AA \quad 0.21 \quad VG \quad 0.24 \quad VG \quad -0.33 \quad E \quad -0.27 \quad G \quad 0.06 \quad G \quad 0.37 \quad VG \quad 0.43 \quad VG \quad -0.20$$

$$\bar{R} = \begin{matrix} A & 0.43 & A & 0.24 & AA & -0.27 & AA & 0.33 & A & 0.06 & A & -0.04 & A & -0.43 & G & -0.02 & AA & -0.37 & G & -0.22 & A & 0.02 & A & 0.47 & AA & 0.41 & G & -0.14 \\ E & -0.43 & G & 0.47 & G & 0.47 & VG & 0.43 & E & -0.29 & VG & -0.24 & E & -0.20 & G & 0.27 & VG & -0.06 & VG & -0.44 & VG & -0.17 & G & 0.27 & G & 0.27 & VG & 0.04 \\ AA & 0.29 & G & -0.27 & G & -0.27 & AA & -0.17 & AA & 0.06 & G & 0.33 & VG & 0.00 & G & -0.27 & VG & -0.33 & G & -0.33 & AA & -0.14 & A & 0.20 & AA & -0.02 & G & 0.00 \\ AA & 0.20 & AA & 0.20 & A & 0.40 & A & 0.29 & A & -0.33 & G & 0.33 & VG & -0.33 & VG & -0.33 & VG & -0.33 & AA & -0.14 & AA & 0.20 & G & -0.06 & AA & -0.37 & G & 0.29 \\ VG & -0.40 & AA & 0.06 & VG & 0.14 & VG & -0.40 & VG & -0.33 & VG & 0.00 & VG & 0.00 & VG & 0.33 & G & 0.27 & VG & -0.33 & VG & -0.27 & G & 0.27 & G & 0.06 & VG & 0.43 \end{matrix}$$

Misal bobot dari 14 kompetensi yang diperoleh dari perhitungan menggunakan metode FANP adalah

$$w=\{0.257 \ 0.136 \ 0.048 \ 0.043 \ 0.043 \ 0.043 \ 0.043 \ 0.056 \ 0.061 \ 0.061 \ 0.061 \ 0.045 \ 0.045 \ 0.061\}$$

Hasil akhir dari assessmen siswa ditentukan dengan menggunakan equation (7), seperti ditunjukkan dalam Tabel 4 dan 5.

Tabel 4. Hasil akhir asesmen				
Student #	Numeric score	2-TL score	Description	
1	77.06	VG -0.37	Very good, meskipun masih kurang 37% lagi mencapai grade ini Detail*	
2	44.58	AA -0.32	Above average, meskipun masih kurang 32% lagi mencapai grade ini Detail*	
3	82.88	VG -0.01	Very Good, hanya kurang 1% lagi mencapai grade ini Detail*	
4	59.46	G -0.44	Good, meskipun masih kurang 44% lagi mencapai grade ini Detail*	
5	56.82	AA 0.40	Above Average, 44% berpotensi mencapai grade Good Detail*	
6	75.22	VG -0.49	Very Good, meskipun masih kurang 49% lagi mencapai grade ini Detail*	

Tabel 5. Ilustrasi detil nilai siswa				
No	Student #	Numeric score	2-TL score	Description
1	1	77.06	VG -0.37	Very good, meskipun masih kurang 37% lagi mencapai grade ini
<u>Detil:</u>				
Competency		2-TL score	Description	
1.	C1.1	VG, -0.17	Very Good, meskipun masih diperlukan 17% untuk peringkat ini	
2.	C1.2	etc		

Berdasarkan Tabel 4, maka urutan peringkat nilai siswa adalah siswa#3 > siswa#1 > siswa#6 > siswa#4 > siswa#5 > siswa#2.

Nilai akhir siswa#1 adalah 77,06 dan (VG,-0.37). Hasil tersebut menunjukkan arti bahwa siswa#1 dalam kategori Very Good (VG), meskipun masih kurang 37% lagi mencapai grade VG tersebut, yang ditunjukkan dengan nilai $\alpha = -0.37$. Secara grafik, nilai tersebut ditunjukkan dalam fig.3.

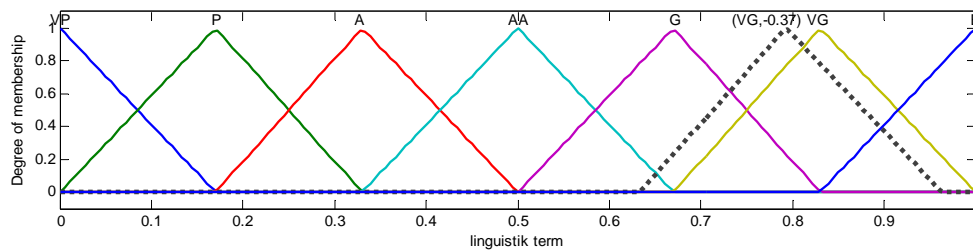


Figure 3. Representation of (S5,-0.37)

Hasil penilaian akhir yang menggunakan 2-tuple linguistik memberikan informasi tambahan tentang pencapaian siswa yang lebih bermakna. Besarnya nilai α pada nilai linguistik 2-tupel dalam hasil belajar siswa dapat diartikan sebagai pembandingan kemampuannya dengan siswa yang lain jika berada dalam kategori yang sama, dan menunjukkan seberapa besar potensi yang dicapai untuk meraih peringkat di atasnya.

BAB VI. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

1. Pemodelan asesmen hasil belajar yang telah disusun ditujukan untuk penilaian yang dilakukan oleh seorang guru terhadap siswa-siswanya dalam satu mata pelajaran tertentu.
2. Pemodelan menggunakan representasi linguistik 2 tupel sebagai hasil unifikasi data numerik dan linguistik.
3. Tahap unifikasi meliputi tahap normalisasi, transformasi, agregasi dan eksploitasi.

Saran

Setelah diperoleh pemodelan tersebut, akan dikembangkan pemodelan pengambilan keputusan kelompok yang melibatkan banyak guru untuk menghasilkan rekomendasi bagi siswa dalam hal capaian hasil belajarnya dalam semua mata pelajaran.

DAFTAR PUSTAKA

- Asan, U., Soyer, A., and Serdarasan, S., 2012, A Fuzzy Analytic Network Process Approach. C. Kahraman (ed.), *Computational Intelligence Systems in Industrial Engineering*, Atlantis Computational Intelligence Systems 6, Atlantis Press.
- Bai, H., dan Zhan, Z., 2011. An IT Project Selection Method Based On Fuzzy Analytic Network Process, *Proceedings of International Conference on System Science, Engineering Design and Manufacturing Informatization*, 275-279.
- Buyuközkan, G., Ertay, T., Kahraman, C., Ruan, D. 2004. Determining the Importance Weights for the Design Requirements in the House of Quality Using the Fuzzy Analytic Network Approach. *International Journal of Intelligent Systems*, 19, 443–461.
- Carrasco, R.A., Villar, P., Hornos, M.J., dan Herrera-Viedma, E., 2011, A Linguistic Multi-Criteria Decision Making Model Applied to the Integration of Education Questionnaires, *International Journal of Computational Intelligence Systems*, 5, 4, 946-959.
- Chen, Z., 2005, Consensus in Group Decision Making Under Linguistic Assessments. *Dissertation*, College of Engineering, Kansas State University, Manhattan Kansas.
- Espinilla, M., Lu, J., JunMa, dan Mart'inez, L., 2012, An Extended Version of the Fuzzy Multicriteria Group Decision-Making Method in Evaluation Processes, *Proceedings of the 14th International Conference on Information Processing and Management of Uncertainty in Knowledge-Based Systems (IPMU 2012) Part I, Catania Italy, 9-13 July 2012*.
- Espinilla, M., de Andr'es, R., Mart'inez, F.J., and Mart'inez, L., 2013, A 360-Degree Performance Appraisal Model Dealing with Heterogeneous Information and Dependent Criteria, *Information Sciences* 222: 459-471
- Fulop, J., 2005, *Introduction to Decision Making Methods*, Laboratory of Operation Research and Decision Systems, Computer and Automation Institute, Hungarian Academy of Sciences.
- Herrera, F., dan Herrera-Viedma, E., 2000, Linguistic Decision Analysis: Steps for Solving Decision Problems Under Linguistic Information, *Fuzzy Sets and Systems* 115, 67-82
- Herrera, F., dan Martinez, L., 2000, An Approach for combining linguistic and Numerical Information based on the 2-Tuple Fuzzy Linguistic Representation model in Decision Making, *International Journal of Uncertainty, Fuzziness and Knowledge-Based systems*, Vol 8, No.5, pp. 539-562
- Herrera, F., Alonso, S., Chiclana, F., dan Herrera-Viedma, E., 2009. Computing with words in decision making: foundations, trends and prospects. *Fuzzy Optimization Decision Making* 8:337–364
- Klir, G.J dan Yuan, B., 1995, *Fuzzy Sets and Fuzzy Logic Theory and Applications*, Prentice-Hall International, Inc., New Jersey.

- Kosheleva, O., 2011, Degree-Based (Fuzzy) Techniques in Math and Science Education, *Proceedings of the World Conference on Soft Computing*, San Francisco, CA, 23-26 May 2011.
- Kwok, R. C. W., Zhou, D., Zhang, Q., dan Ma, J., 2007, A Fuzzy Multi-Criteria Decision Making Model for IS Student Group Project Assessment, *Group Decision and Negotiation*, 16,1, 25-42.
- Li, X., dan Li, D., 2011, TOPSIS Method for Chinese College Teacher Performance Appraisal System with Uncertain Information, *Advances in Information Sciences and Service Sciences*, 6,3, 59-64.
- Ma, J., dan Zhou, D., 2000, Fuzzy Set Approach to the Assessment of Student-Centered Learning. *IEEE Transactions on Education*, 2, 43, 237-241.
- Mehrjerdi, Y.Z., 2012, Developing Fuzzy TOPSIS Method based on Interval valued Fuzzy Sets, *International Journal of Computer Applications*, 14, 42, 7-18.
- Mossin, E.A., Pantoni, R.P., dan Brandão, D., 2010, *Students' Evaluation based on Fuzzy Sets Theory*, Azar, A.T., (Ed.), *Fuzzy Systems*, INTECH, Croatia.
- Özdağoğlu, A., 2012. A multi-criteria decision-making methodology on the selection of facility location: fuzzy ANP, *International Journal of Advance Manufacture Technology*, 59, 787–803
- Öztayşi, B., and Kutlu, A.C., 2011. Determining the Importance of Performance Measurement Criteria Based on Total Quality Management Using Fuzzy Analytical Network Process, Wang, Y., and Li, T., (Eds.): *Practical Applications of Intelligent Systems*, AISC 124, pp. 391–400. Springerlink.com © Springer-Verlag Berlin Heidelberg
- Pei, Z., Yi, L.-Z., dan Du, Y.-D., 2006, A New Aggregation Operator of Linguistic Information and Its Properties, *Proceeding of IEEE International Conference on Granular Computing*, Atlanta, Georgia, USA, 10-12 May 2006.
- M.A.B. Promentilla, T. Furuichi, K. Ishii, and N. Tanikawa, A fuzzy analytic network process for multi-criteria evaluation of contaminated site remedial countermeasures. *Journal of Environmental Management*, 2008; 88 (3), 479–495
- Sangka, K.B., dan Hussain, O.K., 2010, Balanced Scorecard-Based Approach to Ascertain the Quality of Education, *Proceeding of IEEE International conference on P2P, Parallel, Grid, Cloud and Internet Computing (3PGCIC)*, Fukuoka Japan, 4-6 Nov 2010.
- Saxena, N., dan Saxena, K.K., 2010, Fuzzy Logic Based Students Performance Analysis Model for Educational Institutions, *International Journal of Research*, 1, 79-86.
- Tay, M.K., Chen, C.J. dan Lee, K.K., 2009, Application of Fuzzy Inference System (FIS) to Criterion-Referenced Assessment with A Case Study, *Proceedings of the 2nd International Conference of Teaching and Learning (ICTL 2009)*, INTI University College, Malaysia, 16-18 November 2009.

- Tay, M. K., Lim, P. C., and Jee, T. L. 2010. *Enhancing fuzzy inference system based criterion-referenced assessment with an application*. Proceedings 24th European Conference on Modelling and Simulation, ECMS.
- Tseng, G.H. dan Huang, J.J., 2011, *Multiple Attribute Decision Making, Methods and Application*, CRC Press, Boca Raton.
- Wang, L-X., 1997, *A Course in Fuzzy Systems and Control*, Prentice-Hall International Inc., Englewood Cliffs.
- Wu, H-Y., Chen, J-K., Chen, I-S., dan Zhuo, H-H., 2012, Ranking Universities Based on Performance Evaluation by a Hybrid MCDM Model, *Measurement*, 45, 856–880.

LAMPIRAN

BERITA ACARA SEMINAR



LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA

BERITA ACARA PELAKSANAAN SEMINAR PROPOSAL DAN
INSTRUMEN PENELITIAN

No. FRM/LPPM-PNL/309

Revisi : 00

Tgl 1 September 2014

Hal 1 dari 1

1. Nama Peneliti : SRI ANDAYANI, S.Si, M.Kom
2. Jurusan/Prodi : MATEMATIKA
3. Fakultas : F. MIPA
4. Skim Penelitian : DISERTASI DOKTOR
5. Judul Penelitian : PENGEMBANGAN MODEL PENGAMBILAN KEPUTUSAN DENGAN UNIVIKASI
DATA NUMERIK DAN FUZZY LINGUISTIK UNTUK ASESMEN Hasil Belajar
6. Pelaksanaan : Tanggal 6 MARET 2015 Jam 14.00
7. Tempat : Ruang Sidang LPPM UNY
8. Dipimpin oleh : Ketua Prof. Dr. Suwardi, M. Hum
Sekretaris Nur Rohmah, M. Mpd
9. Peserta yang hadir : a. Reviewer : orang
b. Notulis : orang
c. Peserta lain : orang
- Jumlah : orang

SARAN-SARAN

1. "Pengambilan keputusan" perlu diperjelas spesifikasi nya.
2. Perlu membaca perpaduan antara penelitian kualitatif & kuantitatif.
3. Komputasi Linguistik dari Insa. perlu dibaca.

10. Hasil Seminar;

Setelah mempertimbangkan penyajian, penjelasan, argumentasi serta sistematika dan tata tulis, seminar berkesimpulan: proposal penelitian tersebut di atas:

- a. Diterima, tanpa revisi/pembenahan usulan/instrumen/hasil
b. Diterima, dengan revisi/pembenahan
c. Dibenahi untuk diseminarkan ulang

Ketua Sidang

Prof. Dr. Suwardi, M. Hum
NIP:

Reviewer

Prof. Sukirno, Ph.D
NIP:

Notulis

Nur Rohmah M. Mpd.
NIP: 197310062001122001

Format Penilaian Kesiapan Pelaksanaan Penelitian

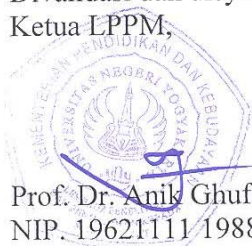
LEMBAR PENILAIAN KESIAPAN PELAKSANAAN PENELITIAN DISERTASI DOKTOR UNY

1. Nama Peneliti : *Sri Andayani*
 2. Jurusan/Prodi/Fakultas : *FMIPA*
 3. Jenis penelitian : *Disertasi doktor*

No.	Kriteria	Komentar/Saran-saran
1	Langkah-langkah pelaksanaan penelitian : Kejelasan dan kelengkapan	<i>Cukup lengkap, bisa dipertanggungjawabkan</i>
2	Prototipe produk penelitian : kejelasan, keunikan dan kebaruan	<i>harus memuat dua segmen penelitian</i>
3	Instrumen penelitian yang digunakan : Kelengkapan	<i>Sudah disiapkan</i>
4	Persiapan memasuki lapangan penelitian	<i>Menyebutkan</i>
5	Kelayakan : Biaya, peralatan dan waktu	<i>ada</i>
6	Kemungkinan penelitian ini dapat diselesaikan	<i>ada, tdk masalah</i>
7	Kesungguhan/keseriusan peneliti dalam penyiapan penelitian	

SARAN-SARAN DARI REVIEWER SECARA KESELURUHAN:

Divalidasi dan disahkan oleh
Ketua LPPM,



Prof. Dr. Anik Ghufon
NIP. 19621111 198803 1 001

Yogyakarta, *6/3-2015*
Reviewer,

[Signature]
NIP

Format Penilaian Kesiapan Pelaksanaan Penelitian

LEMBAR PENILAIAN KESIAPAN PELAKSANAAN PENELITIAN DISERTASI DOKTOR UNY

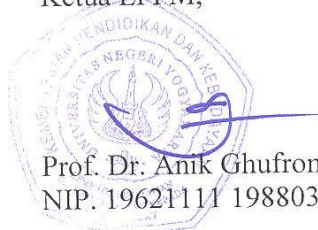
1. Nama Peneliti : Sri Andayani
2. Jurusan/Prodi/Fakultas :
3. Jenis penelitian :

No.	Kriteria	Komentar/Saran-saran
1	Langkah-langkah pelaksanaan penelitian : Kejelasan dan kelengkapan	
2	Prototipe produk penelitian : kejelasan, keunikan dan kebaruan	
3	Instrumen penelitian yang digunakan : Kelengkapan	
4	Persiapan memasuki lapangan penelitian	
5	Kelayakan : Biaya, peralatan dan waktu	
6	Kemungkinan penelitian ini dapat diselesaikan	
7	Kesungguhan/keseriusan peneliti dalam penyiapan penelitian	

SARAN-SARAN DARI REVIEWER SECARA KESELURUHAN:

- * Plwd / saptuark.
- * Validasi / bootstrap → N
- * Simpulan kritis / hubung st.
ts baik sbenda pd skong → dec. mel.

Divalidasi dan disahkan oleh
Ketua LPPM,



Prof. Dr. Anik Ghufon
NIP. 19621111 198803 1 001

Yogyakarta,.....
Reviewer,

.....
NIP



LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT

UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA

DAFTAR HADIR SEMINAR PENELITIAN

No. FRM/LPPM-PNL/308

Revisi : 00

Tgl. 1 September 2014

Hal dari 5



Certificate No. QSC 01299

Hari/Tg : Jum'at/6 Maret 2015

Waktu : 13.00 WIB - selesai

Tempat : Ruang Sidang LPPM UNY

NO.	NAMA	JABATAN	TANDA TANGAN
63	Dr. Arif Rohman	Ketua Peneliti	63
64	<i>Dwi Suroyo</i>	Anggota	64
65	Dr. Farida Agus Setiawati, M.Si.	Ketua Peneliti	65
66		Anggota	66
67	Dr. Ratna Wardani Mt	Ketua Peneliti	67
68		Anggota	68
69	Dr. Sri Handayani M.Si.	Ketua Peneliti	69
70		Anggota	70
71	Dr. Tien Aminatun, M.Si.	Ketua Peneliti	71
72		Anggota	72
73	Dra. Hesti Mulyani, M.Hum.	Ketua Peneliti	73
74		Anggota	74
75	Dra. V. Indah Sri Pinasti, M.Si.	Ketua Peneliti	75
76		Anggota	76
77	Drs. Bambang Ruwanto, M.Si.	Ketua Peneliti	77
78		Anggota	78
79	Drs. Jaslin Ikhsan, M.App.Sc., Ph.D.	Ketua Peneliti	79
80		Anggota	80
81	Handaru Jati, M.T., Ph.D.	Ketua Peneliti	81
82		Anggota	82
83	Karyati, S.Si., M.Si.	Ketua Peneliti	83
84		Anggota	84
85	Prof. Dr. Sri Atun, M.Si.	Ketua Peneliti	85
86		Anggota	86
87	Soni Nopembri S.Pd., M.Pd.	Ketua Peneliti	87
88	<i>Anmas R / Sar xono</i>	Anggota	88
89	Agus Basuki, M.Pd.	Ketua Peneliti	89
90		Anggota	90
91	Ariefa Efianingrum, M.Si.	Ketua Peneliti	91
92		Anggota	92
93	Dra. Sri Iswanti, M.Pd.	Ketua Peneliti	93



LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA

BERITA ACARA SEMINAR HASIL PENELITIAN

No. FRM/LPPM-PNL/314

Revisi : 00

Tgl 1 September 2014

Hal 1 dari 2

1. Nama Peneliti : Sri Andayani, S.Si., M.Hom
 2. Jurusan/Prodi : M.S.P.A
 3. Fakultas : Disertasi Doktor
 4. Skim Penelitian : Pengembangan Model Pengambilan Keputusan
 5. Judul Penelitian : dengan Unifikasi Data Numerik dan Fuzzy Linguistik untuk
 6. Pelaksanaan : Tanggal 6/11/15 Jam 13.00 - Selesai Assesmen Hasil Belajar
 7. Tempat : Ruang Sidang LPPM, Universitas Negeri Yogyakarta
 8. Dipimpin oleh : Ketua Dr. Suganto, M.Si.
Sekretaris Dr. Erny Zuhaidah
 9. Peserta yang hadir : a. Konsultan : 1 orang
b. Nara sumber : 1 orang
c. BPP : 1 orang
d. Peserta lain : 12 orang
- Jumlah : 14 orang

SARAN-SARAN

1. Jika hasil penelitian ini adalah pengambilan keputusan, maka bahasa harus di sederhanakan.
2. Bagaimana hasil penelitian ini bisa menghasilkan artikel / jurnal



LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA

BERITA ACARA SEMINAR HASIL PENELITIAN

No. FRM/LPPM-PNL/314

Revisi : 00

Tgl 1 September 2014

Hal 2 dari 2

10. Hasil Seminar;

Setelah mempertimbangkan penyajian, penjelasan, argumentasi serta sistematika dan tata tulis, seminar berkesimpulan: hasil penelitian tersebut di atas:

- Diterima, tanpa revisi/pembenahan usulan/instrumen/hasil
- Diterima, dengan revisi/pembenahan
- Dibenahi untuk diseminarkan ulang

Ketua Sidang

Mengetahui
Reviewer Internal
Penelitian

Sekretaris Sidang

Dr. Suganto, M. Si NIP: 196605081992031002
Dr. Widarto, M. Pd. NIP: 196312301988122001
Dr. Emy Zubaidah NIP: 19600221984032001



LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
DAFTAR HADIR SEMINAR HASIL PENELITIAN & PPM

No. FRM/LPPM-PNL/308 | Revisi : 00 | Tgl. 1 September 2014 | Hal dari 4



Certificate No. QSC 01299

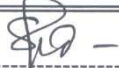


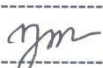

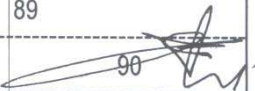








Hari / Tgl. : JUM'AT / 6 November 2015
Waktu : 13.00 WIB - selesai
Tempat : Gedung LPPM UNY Lt. 2

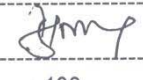
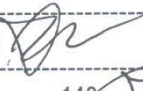


NO.	NAMA	JABATAN	TANDA TANGAN
1	Prof. Dr. Anik Ghufon, M.Pd.	Ka. LPPM	1
2	Dr. Widarto, M.Pd.	Sekr. LPPM	2
3	Dr. Suyanta, M.Si	Reviewer	3
4	Dr. Ariswan, M.Si. DEA	Reviewer	4
5	Dr. Edi Purwanta, M.Pd.	Reviewer	5
6	Prof. Pardjono, Ph.D	Reviewer	6
7	Dr. Hastuti, M.Si	Reviewer	7
8	Dr. Mujiyono, M.T	Reviewer	8
9	Prof. Dr. C. Asri Budiningsih	Reviewer	9
10	Prof. Dr. Tomoliyus, MS	Reviewer	10
11	Dr. Sari Rudiwati, M.Pd.	Reviewer	11
12	Dr. Widarto, M.Pd.	Reviewer	12
13	Dr. Enny Zubaidah, M.Pd	Notulis	13
14	Dr. Tien Aminatun, M.Si.	Notulis	14
15	Dr. Widiyanto, M.Kes.	Notulis	15
16	Dr. Giri Wiyono, MT.	Notulis	16
17	Dr. Kokom Komariah, M.Pd	Notulis	17

Ketua LPPM,

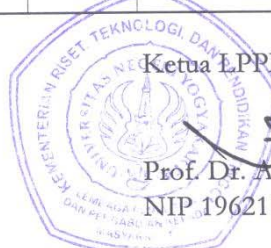
Prof. Dr. Anik Ghufon

NIP 19621111 198803 1 001

NO.	NAMA	FAK	SKIM	TANDA TANGAN
79	Dr. Sukardiyono, M.Si.	FMIPA	Penelitian Tim Pasca Sarjana	79 
80			Anggota	80
81	Prof. Dr. Jumadi, M.Pd.	FMIPA	Penelitian Tim Pasca Sarjana	81 
82			Anggota	82
83	Prof. Dr. Sri Atun, M.Si	FMIPA	Penelitian Fundamental	83 
84			Anggota	84
85	Dr. Sri Handayani, M.Si.	FMIPA	Penelitian Fundamental	85 
86			Anggota	86
87	Drs. Jaslin Ikhsan, M.Sc.,Ph.D.	FMIPA	Penelitian Fundamental	87 
88			Anggota	88
89	Prof. K.H. Sugijarto, M.Sc.,Ph.D.	FMIPA	Penelitian Tim Pasca Sarjana	89
90	Jaslin Ikhsan	FMIPA	Anggota	90 
91	Sri Andayani, S.Si.,M.Kom.	FMIPA	Penelitian Disertasi Doktor	91 
92			Anggota	92
93	Karyati, S.Si.,M.Si.	FMIPA	Penelitian Fundamental	93 
94			Anggota	94
95	Dr. Jailani, M.Pd.	FMIPA	Penelitian Tim Pasca Sarjana	95 
96			Anggota	96
97	Prof. Dr. Jumadi, M.Pd.	FMIPA	Ipteks Bagi Masyarakat	97 
98			Anggota	98
99	Drs. Nur Kadarisman, M.Si.	FMIPA	KKN Pembelajaran Pemberdayaan	99 
100			Anggota	100
101	Pujianto, S.Pd.,M.Pd.	FMIPA	Penelitian Disertasi Doktor	101 
102			Anggota	102
103	Atmini Dhoruri, M.S.	FMIPA	Ipteks Bagi Masyarakat	103 
104			Anggota	104
105	Dr. Mutiara Nugraheni, S.Tp.,M.Si.	FT	Penelitian Strategis Nasional	105 
106			Anggota	106

NO.	NAMA	FAK	SKIM	TANDA TANGAN
135	Drs. Edy Purnomo, M.Pd.	FT	Ipteks Bagi Produk Ekspor	135 
136			Anggota	136
137	Aan Ardian, S.Pd., M.Pd.	FT	Ipteks Bagi Produk Ekspor	137 
138			Anggota	138
139	Drs. Darmono, M.T.	FT	Ipteks Bagi Produk Ekspor	139 
140			Anggota	140 
141	Nani Ratnaningsih, STP., MP.	FT	Penelitian Disertasi Doktor	141 
142			Anggota	142

①



Ketua LPPM,

Prof. Dr. Anik Ghufro

NIP.19621111 198803 1 001

LAMPIRAN

Deskripsi Garis Besar Prototype Pendukung Hasil Pemodelan

LAMPIRAN

Berikut ini adalah tampilan beberapa menu awal dalam prototipe model SPK asesmen yang dikembangkan

Garis besar program

Program yang disusun terdiri dari 2 Menu Utama untuk melakukan penilaian siswa oleh guru sesuai dengan Standar Kompetensi (SK) dan Kompetensi Dasar (KD). Menu-menu tersebut terdiri dari Menu Masukkan Nilai dan Menu Daftar Nilai.

A. Menu Masukkan Nilai

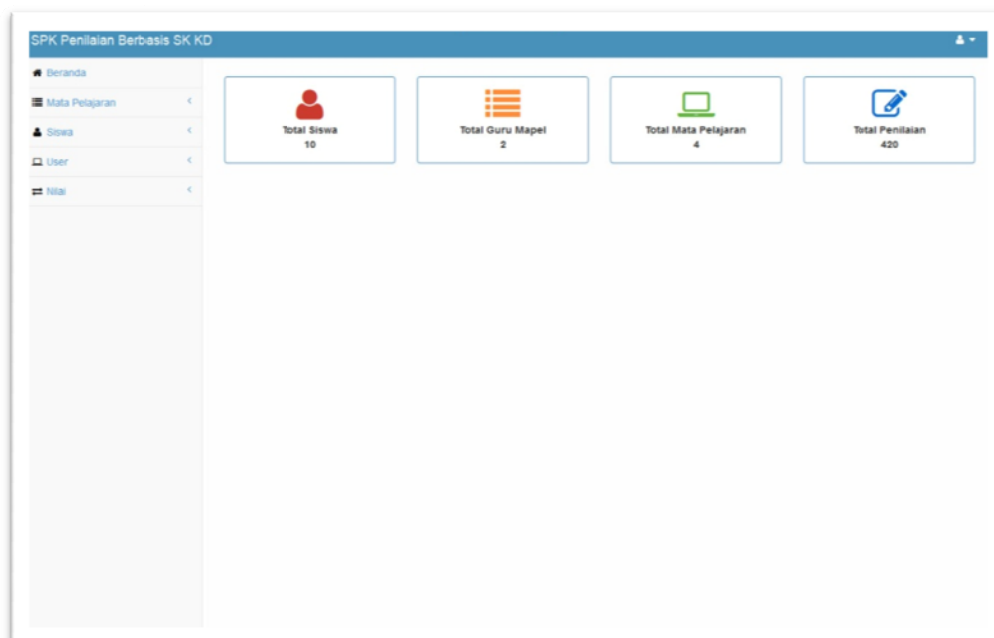
Pada menu ini, guru dapat memasukkan nilai siswa pada suatu mata pelajaran sesuai dengan SK dan KD yang ditentukan. SK dan KD sebelumnya telah diinput oleh admin. Penilaian siswa terbagi menjadi 3 jenis, yaitu penilaian tugas, penilaian Observasi, dan penilaian Ulangan Harian yang dapat berupa penilaian numerik atau penilaian linguistik. Setelah input nilai, hasil akhir penilaian dapat dilihat melalui menu Daftar Nilai.

B. Menu Daftar Nilai

Pada menu ini, guru dapat melihat daftar nilai siswa-siswa dalam suatu mata pelajaran tertentu berdasarkan data yang telah diinput pada Menu **Masukkan** Nilai dan telah diolah oleh sistem. Guru dapat melihat nilai akhir semua siswa yang mengikuti suatu mata pelajaran tersebut dan juga bisa melihat detail nilai seorang siswa pada mata pelajaran tersebut dalam 1 semester.

Berikut ini adalah beberapa tampilan dalam program yang disusun.

1. Beranda



Keterangan:

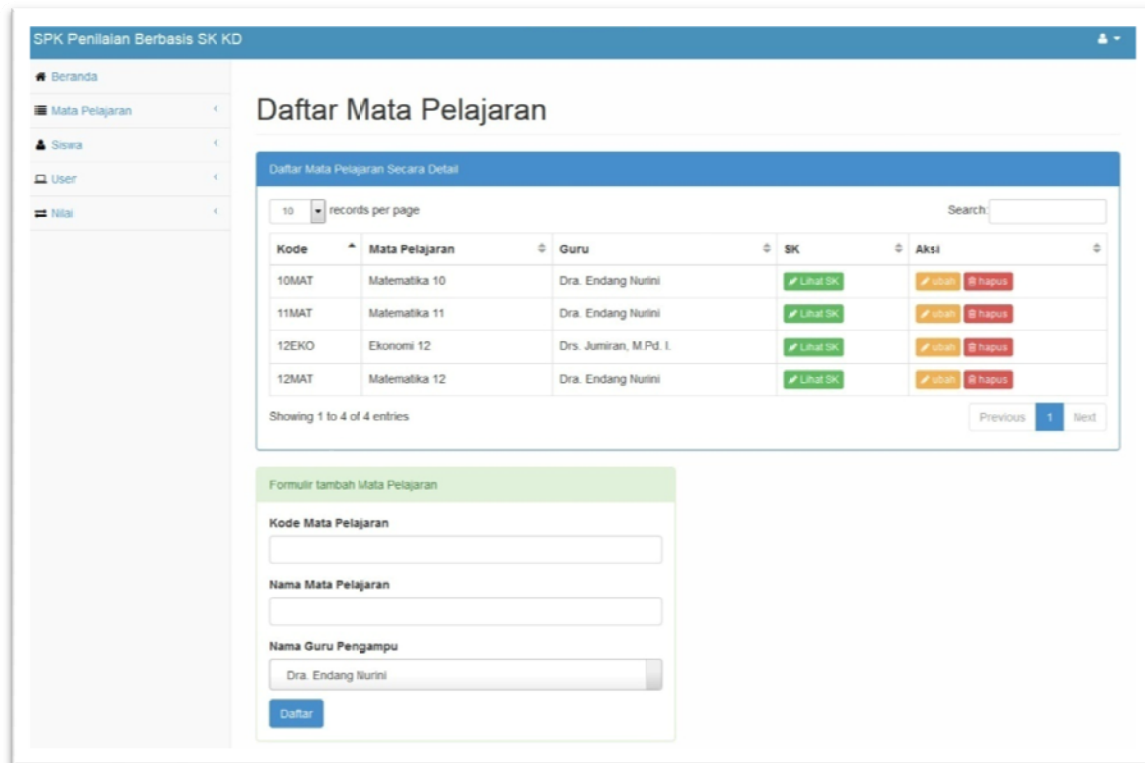
Halaman Beranda adalah halaman yang pertama kali tampil setelah pengguna login. Halaman ini menampilkan menu utama dari sistem informasi ini yang terdiri dari 4 Menu, yaitu Menu

Mata Pelajaran, Menu Siswa, Menu User (Pengguna), dan Menu Nilai. Halaman ini bisa diakses oleh Admin dan Guru.

2. Menu Mata Pelajaran

Menu Mata Pelajaran adalah menu yang berisi informasi tentang mata pelajaran. Menu Mata Pelajaran terdiri dari beberapa halaman sebagai berikut.

2.1 Halaman Daftar Mata Pelajaran



The screenshot displays the 'Daftar Mata Pelajaran' (Subject List) page. The page title is 'SPK Penilaian Berbasis SK KD'. The left sidebar contains navigation links: Beranda, Mata Pelajaran, Siswa, User, and Nilai. The main content area shows a table of subjects with the following data:

Kode	Mata Pelajaran	Guru	SK	Aksi
10MAT	Matematika 10	Dra. Endang Nurini	Lihat SK	ubah hapus
11MAT	Matematika 11	Dra. Endang Nurini	Lihat SK	ubah hapus
12EKO	Ekonomi 12	Drs. Jumiran, M.Pd. I.	Lihat SK	ubah hapus
12MAT	Matematika 12	Dra. Endang Nurini	Lihat SK	ubah hapus

Below the table, it indicates 'Showing 1 to 4 of 4 entries'. At the bottom, there is a 'Formulir tambah Mata Pelajaran' (Add Subject Form) with fields for 'Kode Mata Pelajaran', 'Nama Mata Pelajaran', and 'Nama Guru Pengampu' (currently set to 'Dra. Endang Nurini'). A 'Daftar' (Add) button is at the bottom of the form.

Keterangan:

Menu Daftar Mata Pelajaran adalah halaman yang pertama kali tampil saat pengguna masuk ke Menu Mata Pelajaran. Halaman ini digunakan oleh guru untuk melihat informasi mata pelajaran yang terdiri dari Kode, Nama Mata Pelajaran, dan Guru Pengampu. Halaman ini mempunyai fitur tambahan yang hanya bisa diakses oleh Admin untuk menambah, mengubah, dan menghapus informasi terkait mata pelajaran.

2.2 Halaman Daftar Standar Kompetensi

SPK Penilaian Berbasis SK KD

Beranda
Mata Pelajaran
Siswa
User
Nilai

Tambah Standar Kompetensi - Matematika 10

Daftar Standar Kompetensi - Matematika 10

Standar Kompetensi	Semester	Bobot SK	KD	Aksi
1. (Aljabar) Memecahkan masalah yang berkaitan dengan bentuk pangkat, akar, dan logaritma	1	0.392632	Lihat	ubah hapus
2. (Aljabar) Memecahkan masalah yang berkaitan dengan fungsi, persamaan dan fungsi kuadrat serta pertidaksamaan kuadrat	1	0.274291	Lihat	ubah hapus
3. (Aljabar) Memecahkan masalah yang berkaitan dengan sistem persamaan linear dan pertidaksamaan satu variabel	1	0.332877	Lihat	ubah hapus

[Ubah Bobot Sem 1](#) [Ubah Bobot Sem 2](#)

Formulir tambah Standar Kompetensi

Semester
1

Keterangan Standar Kompetensi

[Daftar](#)

Keterangan:

Halaman Daftar Standar Kompetensi adalah halaman yang tampil saat pengguna menekan tombol “Lihat SK” pada halaman Daftar Mata Pelajaran. Halaman ini digunakan oleh guru untuk melihat informasi tentang Standar Kompetensi yang terdiri dari Standar Kompetensi, Semester, dan Bobot SK. Halaman ini mempunyai fitur tambahan yang hanya bisa diakses oleh Admin untuk menambah, mengubah, dan menghapus informasi terkait Standar Kompetensi.

2.3 Halaman Pembobotan SK

SPK Penilaian Berbasis SK KD

Beranda
Mata Pelajaran
Siswa
User
Nilai

Pembobotan Tiap SK Semester 1

Daftar Standar Kompetensi - Matematika 10

SK	C1	C2	C3
C1	1	S - Sama sulit	D - Sedikit lebih sulit
C2		1	
C3			1

Submit

Keterangan:

Halaman Pembobotan Standar Kompetensi adalah halaman yang tampil setelah Admin menekan tombol “Lihat Bobot Sem 1” pada halaman Daftar Standar Kompetensi. Halaman ini hanya bisa diakses oleh Admin. Halaman ini digunakan oleh Admin untuk menentukan bobot tiap Standar Kompetensi dengan menentukan perbandingan antar SK dalam 1 Semester.

2.4 Halaman Pembobotan Standar Kompetensi Bagian 2

SPK Penilaian Berbasis SK KD

Beranda
Mata Pelajaran
Siswa
User
Nilai

Pembobotan Tiap SK

Daftar Standar Kompetensi - Matematika 10

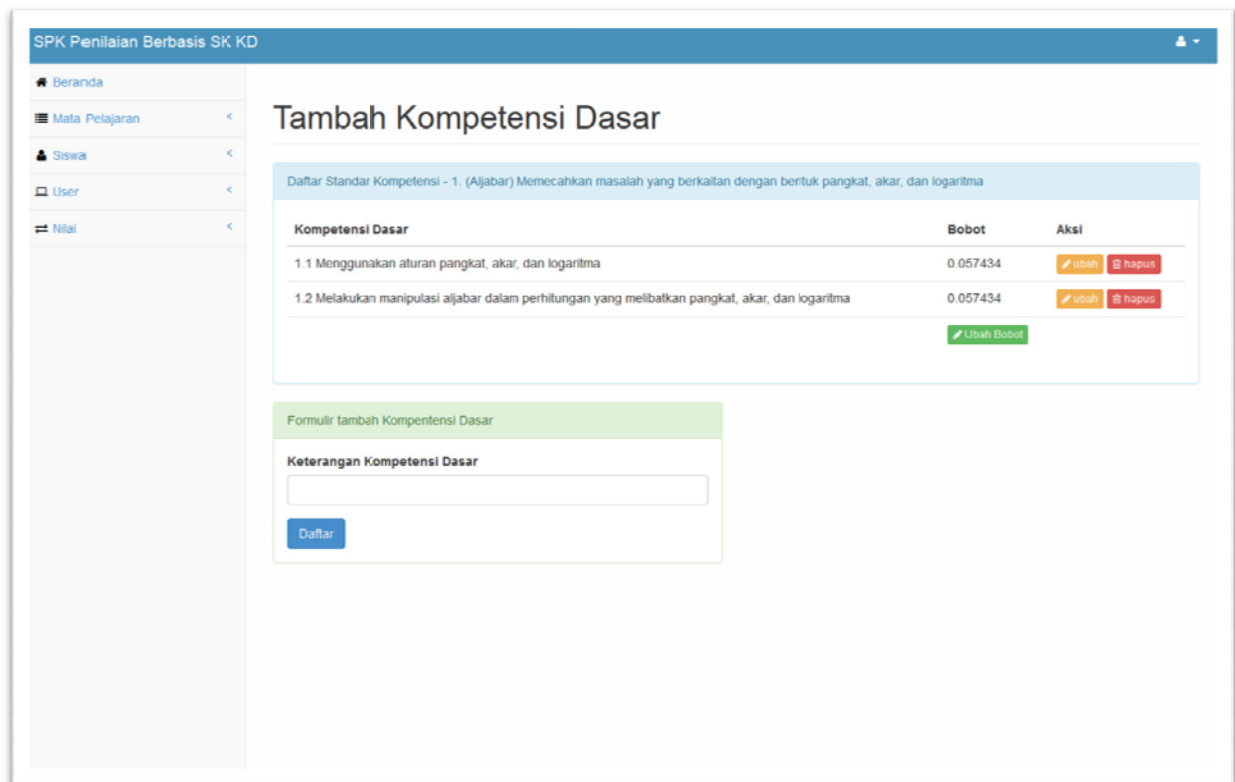
SK	C2	C3	SK	C1	C3
C2	1	S - Sama sulit	C1	1	S - Sama sulit
C3		1	C3		1
SK	C1	C2			
C1	1	S - Sama sulit			
C2		1			

Submit

Keterangan:

Halaman Pembobotan Standar Kompetensi Bagian 2 adalah halaman yang tampil setelah Admin menekan tombol “Submit” pada Halaman Pembobotan Standar Kompetensi. Halaman ini hanya bisa diakses oleh Admin. Halaman ini adalah tahap lanjutan dari tahap pada Halaman Pembobotan Standar Kompetensi.

2.5 Halaman Daftar Kompetensi Dasar



Keterangan:

Halaman Daftar Kompetensi Dasar adalah halaman yang tampil saat pengguna menekan tombol “Lihat KD” pada halaman Daftar Standar Kompetensi. Halaman ini digunakan oleh guru untuk melihat informasi tentang Kompetensi Dasar yang terdiri dari Kompetensi Dasar, dan Bobot KD. Halaman ini mempunyai fitur tambahan yang hanya bisa diakses oleh Admin untuk menambah, mengubah, dan menghapus informasi terkait Kompetensi Dasar.

2.6 Halaman Pembobotan Kompetensi Dasar

SPK Penilaian Berbasis SK KD

Beranda
Mata Pelajaran
Siswa
User
Nilai

Pembobotan Tiap KD

Daftar Standar Kompetensi - 1. (Aljabar) Memecahkan masalah yang berkaitan dengan bentuk pangkat, akar, dan logaritma

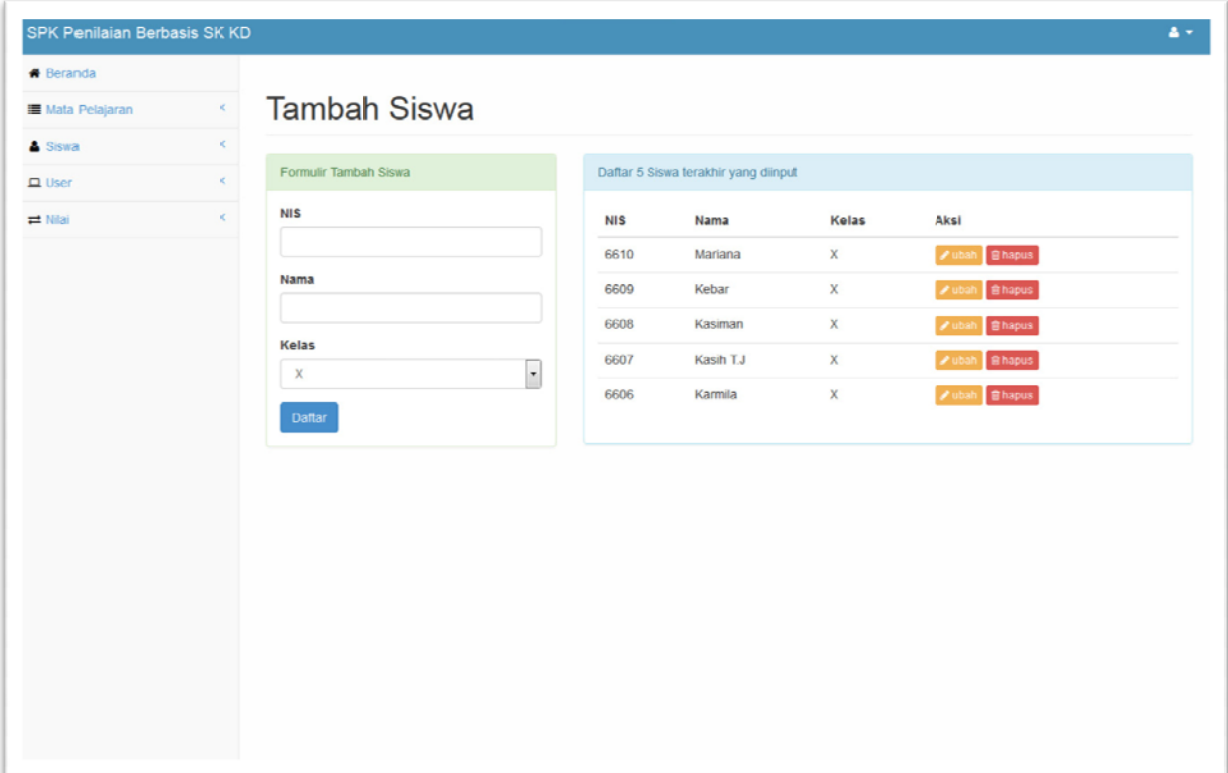
KD	C1	C2
C1	1	L - Lebih sulit
C2		1

Submit

Keterangan:

Halaman Pembobotan Kompetensi Dasar adalah halaman yang tampil setelah Admin menekan tombol “Lihat Bobot” pada halaman Daftar Kompetensi Dasar. Halaman ini hanya bisa diakses oleh Admin. Halaman ini digunakan oleh Admin untuk menentukan bobot tiap Kompetensi Dasar dengan menentukan perbandingan antar KD dalam 1 Semester.

3. Menu Daftar Siswa



SPK Penilaian Berbasis SK KD

Beranda
Mata Pelajaran
Siswa
User
Nilai

Tambah Siswa

Formulir Tambah Siswa

NIS

Nama

Kelas
X

Daftar

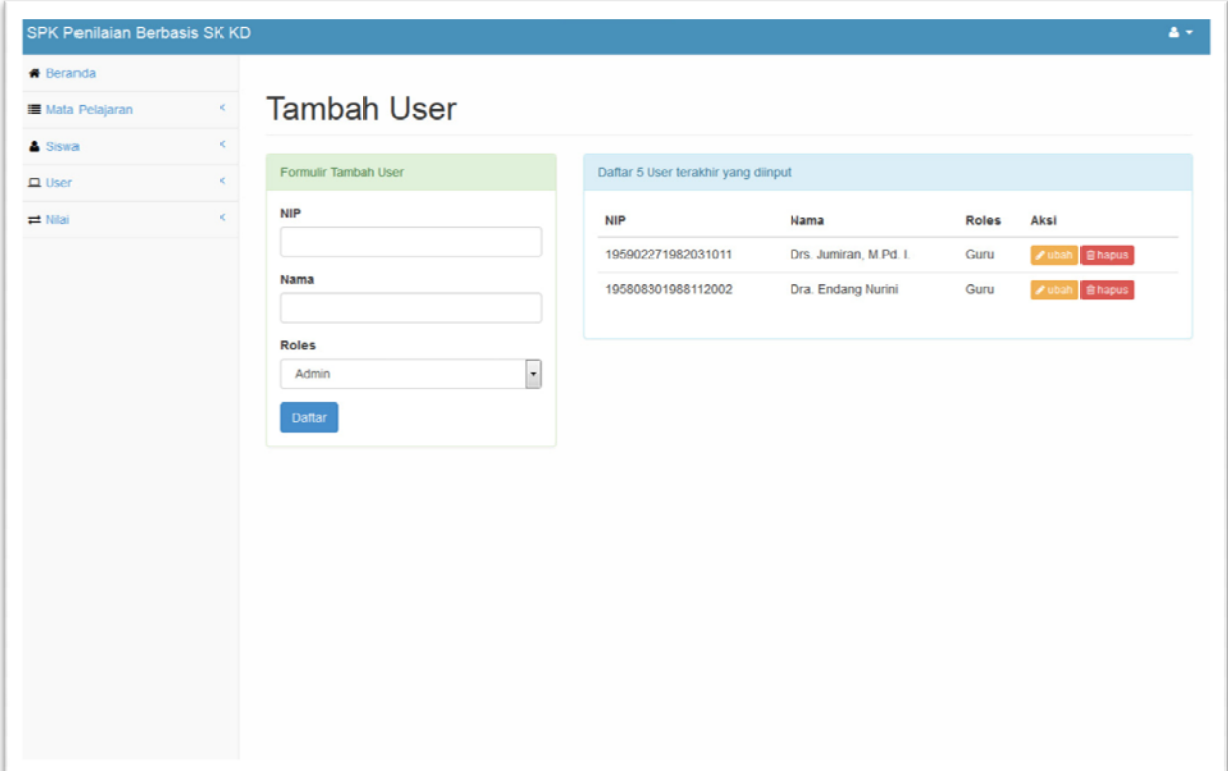
Daftar 5 Siswa terakhir yang diinput

NIS	Nama	Kelas	Aksi
6610	Mariana	X	ubah hapus
6609	Kebar	X	ubah hapus
6608	Kasiman	X	ubah hapus
6607	Kasih T.J	X	ubah hapus
6606	Kamilia	X	ubah hapus

Keterangan:

Menu Daftar Siswa adalah menu yang digunakan oleh Admin untuk memasukkan informasi siswa yang terdiri dari NIS, Nama, dan Kelas ke dalam sistem. Menu ini hanya bisa diakses oleh Admin.

4. Menu Daftar User



SPK Penilaian Berbasis SK KD

Beranda

Mata Pelajaran

Siswa

User

Nilai

Tambah User

Formulir Tambah User

NIP

Nama

Roles

Admin

Daftar

Daftar 5 User terakhir yang diinput

NIP	Nama	Roles	Aksi
195902271982031011	Drs. Jumiran, M Pd. I.	Guru	Ubah Hapus
195808301988112002	Dra. Endang Nurini	Guru	Ubah Hapus

Keterangan:

Menu ini adalah menu yang digunakan Admin untuk memasukkan informasi pengguna yang terdiri dari NIP, Nama, dan Roles (Hak Akses, yang terbagi menjadi guru dan Admin). Menu ini hanya bisa diakses oleh Admin.

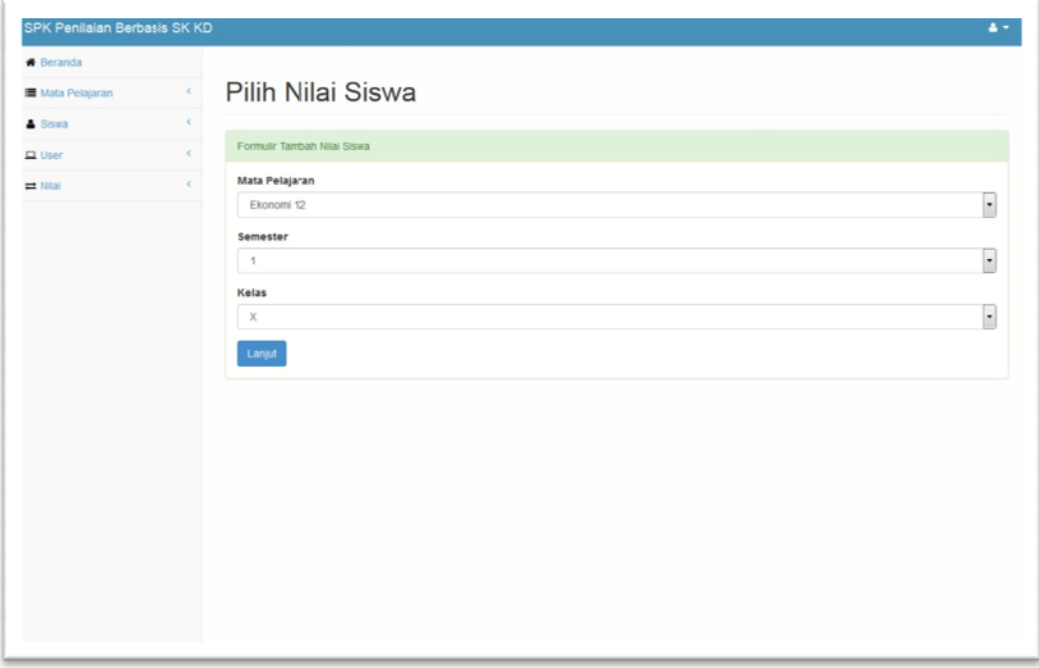
5. Menu Nilai

Menu Nilai adalah menu yang berisi informasi tentang nilai siswa. Menu Nilai terdiri dari beberapa sub menu sebagai berikut.

5.1 Menu Daftar Nilai

Menu Daftar Nilai adalah menu digunakan untuk melihat nilai siswa. Menu Daftar Nilai terdiri dari beberapa halaman sebagai berikut.

5.1.1 Halaman Pilih Nilai Siswa



Keterangan:

Halaman Pilih Nilai Siswa digunakan untuk memilih nilai mata pelajaran apa yang ingin dilihat oleh pengguna. Halaman ini terdiri dari memilih Mata Pelajaran, memilih Semester, dan memilih Kelas. Halaman ini bisa diakses oleh guru dan Admin.

5.1.2 Halaman Daftar Nilai Mata Pelajaran

SPK Penilaian Berbasis SK KD

- [Beranda](#)
- [Mata Pelajaran](#)
- [Siswa](#)
- [User](#)
- [Nilai](#)

Matematika 10

Semester 1
Kelas X

Cetak Rekap Nilai

Pilih siswa untuk melihat Detail

10 records per page
Search:

NIS	Nama	Nilai Angka	Nilai Huruf	Deskripsi	Aksi
6601	Ayu Adira	100	(SB,-0.09)	Sangat Baik	Detail
6602	Habibi	100	(SB,-0.37)	Sangat Baik	Detail
6603	Irwani	100	(SB,0)	Sangat Baik	Detail
6604	Juanda	100	(SB,-0.5)	Sangat Baik	Detail
6605	Kamiran	100	(SB,-0.04)	Sangat Baik	Detail
6606	Karmila	100	(SB,0.26)	Sangat Baik	Detail
6607	Kasih T.J	100	(SB,0.03)	Sangat Baik	Detail
6608	Kasiman	100	(SB,0.03)	Sangat Baik	Detail
6609	Keban	90.65	(LB,0.45)	Lebih dari Baik	Detail
6610	Mariana	100	(SB,-0.28)	Sangat Baik	Detail

Showing 1 to 10 of 10 entries

[Previous](#)
1
[Next](#)

Keterangan:

Halaman Daftar Nilai Mata Pelajaran adalah halaman yang tampil setelah pengguna menekan tombol “Lanjut” pada Halaman Pilih Nilai Siswa. Halaman ini berisi informasi nilai akhir siswa yang terdiri dari NIS, Nama, Nilai Angka, Nilai Huruf, dan Deskripsi. Halaman ini juga menyediakan fitur Cetak Rekap Nilai yang berfungsi untuk mengunduh informasi menjadi berupa file yang bisa dibuka dengan Microsoft Excel. Halaman ini bisa diakses oleh guru dan Admin.

5.1.3 Halaman Detail Nilai Siswa

SPK Penilaian Berbasis SK KD

Beranda

Mata Pelajaran


Siswa

User

Nilai

Matematika 10 Semester 1

Nama Siswa - Ayu Adira


Cetak Rekap Nilai

Standar Kompetensi 1. (Aljabar) Memecahkan masalah yang berkaitan dengan bentuk pangkat, akar, dan logaritma

Kompetensi Dasar	Nilai Huruf	Deskripsi
1.1 Menggunakan aturan pangkat, akar, dan logaritma	B,0.37333333333333	Baik
1.2 Melakukan manipulasi aljabar dalam perhitungan yang melibatkan pangkat, akar, dan logaritma	LB,-0.33333333333333	Lebih dari Baik

Standar Kompetensi 2. (Aljabar) Memecahkan masalah yang berkaitan dengan fungsi, persamaan dan fungsi kuadrat serta pertidaksamaan kuadrat

Kompetensi Dasar	Nilai Huruf	Deskripsi
2.1 Memahami konsep fungsi	B,0.27	Baik
2.2 Menggambar grafik fungsi aljabar sederhana dan fungsi kuadrat	B,0.27	Baik
2.3 Menggunakan sifat dan aturan tentang persamaan dan pertidaksamaan kuadrat	B,0.27	Baik
2.4 Melakukan manipulasi aljabar dalam perhitungan yang berkaitan dengan persamaan dan pertidaksamaan kuadrat	B,-0.04	Baik
2.5 Merancang model matematika dari masalah yang berkaitan dengan persamaan dan/atau fungsi kuadrat	B,0.47	Baik
2.6 Menyelesaikan model matematika dari masalah yang berkaitan dengan persamaan dan/atau fungsi kuadrat dan penafsirannya	B,0.10333333333333	Baik

Standar Kompetensi 3. (Aljabar) Memecahkan masalah yang berkaitan dengan sistem persamaan linear dan pertidaksamaan satu variabel

Kompetensi Dasar	Nilai Huruf	Deskripsi
3.1 Menyelesaikan sistem persamaan linear dan sistem persamaan campuran linear dan kuadrat dalam dua variabel	B,0.35333333333333	Baik
3.2 Merancang model matematika dari masalah yang berkaitan dengan sistem persamaan linear	LB,-0.31333333333333	Lebih dari Baik
3.3 Menyelesaikan model matematika dari masalah yang berkaitan dengan sistem persamaan linear dan penafsirannya	B,0.43	Baik
3.4 Menyelesaikan pertidaksamaan satu variabel yang melibatkan bentuk pecahan aljabar	B,0.48	Baik
3.5 Merancang model matematika dari masalah yang berkaitan dengan pertidaksamaan satu variabel	B,0.27	Baik
3.6 Menyelesaikan model matematika dari masalah yang berkaitan dengan pertidaksamaan satu variabel dan penafsirannya	LC,0.47	Lebih dari Cukup

Keterangan:

Halaman detail nilai siswa adalah halaman yang tampil setelah pengguna menekan tombol “Detail” pada Halaman Daftar Nilai Mata Pelajaran. Halaman ini menampilkan detail nilai seorang siswa selama 1 semester berdasarkan Standar Kompetensi dan Kompetensi Dasar pada semester tersebut. Halaman ini bisa diakses oleh guru dan Admin

5.2 Menu Masukkan Nilai

Menu Masukkan Nilai adalah menu digunakan untuk memasukkan nilai siswa ke dalam sistem. Menu Masukkan Nilai terdiri dari beberapa halaman sebagai berikut.

5.2.1 Halaman Tambah Nilai Siswa

SPK Penilaian Berbasis SK KD

Beranda

Mata Pelajaran

Siswa

User

Nilai

Tambah Nilai Siswa

Formulir Tambah Nilai Siswa

Mata Pelajaran

Ekonomi 12

Semester

1

Metode

Numerik

Jenis Penilaian

Tugas

Periode

-- Pilih Periode --

Lanjut

Keterangan:

Halaman Tambah Nilai Siswa digunakan untuk memilih mata pelajaran apa yang ingin dimasukkan nilainya. Halaman ini terdiri dari memilih Mata Pelajaran, memilih Semester, memilih metode penilaian, dan memilih Kelas. Halaman ini bisa diakses oleh guru dan Admin.

5.2.2 Halaman Pilih SK dan KD

SPK Penilaian Berbasis SK KD

Beranda

Mata Pelajaran

Siswa

User

Nilai

Pilih SK dan KD - Matematika 10 Semester 1

Formulir Pilih SK dan KD

Standar Kompetensi Ke

1. (Aljabar) Memecahkan masalah yang berkaitan dengan bentuk pangkat, akar, dan logaritma

Kompetensi Dasar Ke

-- Pilih Standar Kompetensi --

Lanjut

Keterangan:

Halaman Pilih SK dan KD adalah halaman yang tampil setelah pengguna menekan tombol “Lanjut” pada Halaman Tambah Nilai Siswa. Halaman ini digunakan untuk memilih Standar Kompetensi dan Kompetensi Dasar yang dipakai dalam penilaian. Halaman ini bisa diakses oleh guru dan Admin.

5.2.3 Halaman Input Nilai

SPK Penilaian Berbasis SK KD

Beranda

Mata Pelajaran

Siswa

User

Nilai

UH 1 - Matematika 10 Semester 1

Standar Kompetensi 2. (Aljabar) Memecahkan masalah yang berkaitan dengan fungsi, persamaan dan fungsi kuadrat serta pertidaksamaan kuadrat

Kompetensi Dasar 2.2 Menggambar grafik fungsi aljabar sederhana dan fungsi kuadrat

Daftar Nilai Siswa yang telah dinilai

10 records per page

Search:

NIS	Nama	Kelas	Nilai	Kriteria	α	Aksi
6601	Ayu Adira	10	80.00	Lebih dari Baik	-0.19	ubah hapus detail
6602	Habibi	10	70.00	Baik	0.19	ubah hapus detail
6603	Inwan	10	70.00	Baik	0.19	ubah hapus detail
6604	Juanda	10	100.00	Sangat Baik	0.00	ubah hapus detail
6605	Kamiran	10	80.00	Lebih dari Baik	-0.19	ubah hapus detail
6606	Karmila	10	80.00	Lebih dari Baik	-0.19	ubah hapus detail
6607	Kasih T.J	10	0.00	Sangat Kurang	0.00	ubah hapus detail
6608	Kasiman	10	70.00	Baik	0.19	ubah hapus detail
6609	Kebar	10	70.00	Baik	0.19	ubah hapus detail
6610	Mariana	10	100.00	Sangat Baik	0.00	ubah hapus detail

Showing 1 to 10 of 10 entries

Previous 1 Next

Daftar Nilai Siswa yang belum dinilai

10 records per page

Search:

NIS	Nama	Kelas	Nilai	Aksi
No data available in table				

Showing 0 to 0 of 0 entries

Previous Next

Keterangan:

Halaman Input Nilai adalah halaman yang tampil setelah pengguna menekan tombol “Lanjut” pada Halaman Pilih SK dan KD. Halaman ini digunakan oleh guru untuk memasukkan nilai siswa ke dalam sistem. Siswa yang nilainya telah diinput, bisa dilihat pada tabel bagian atas yang menampilkan data siswa berupa NIS, Nama, Kelas, Nilai, Kriteria, dan α . Halaman ini bisa diakses oleh guru dan Admin

LUARAN PENELITIAN 1

DRAFT PAPER JURNAL INTERNASIONAL

JOURNAL OF COMPUTER SCIENCE

DECISION-MAKING MODEL BY UNIFYING NUMERIC AND LINGUISTIC DATA FOR STUDENT ASSESSMENT

Sri Andayani*, Sri Hartati**, RetantyoWardoyo**, Djemari Mardapi***

*Doctoral program of Computer Science, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta Indonesia

**Department of Computer Science and Electrical, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta Indonesia

*** Study Program of Educational Research and Evaluation, Graduate School, Yogyakarta State University, Indonesia

E-mail:andayani_uny@yahoo.com

ABSTRACT

Assessment of learning can be viewed as a decision-making model, because it deals with the process of giving a decision on the quality or performance of student achievement in a number of competency standards. Final result of the decision is usually presented in a figure, and is not accompanied by a description of the achievement of each competency. In the assessment process, teacher's preferences to students' performance of the competencies are provided through various techniques, both test and non test, generally in a numeric value, and then in the final results are interpreted into letters or linguistic value. In the proposed model, linguistic variables are exploited as a form of teacher's preferences in non-test techniques. Consequently, the assessment data set will consist of numerical and linguistic information, so it requires a method to unify them to obtain the final value. The 2-tuple linguistic approach is used in this model since it is better than other linguistic approach in solving the problem of unification linguistic and numerical information. In addition, the 2-tuple linguistic representation are appropriate for this model in order to provide the final results that equipped with the description of achievements of each competency, in order to produce a valid, fair and reliable assessment.

Keywords: *Unifying Linguistic and Numeric, Student Assessment, The 2-Tuple Linguistic*

1. Introduction

One type of decision-making in education is Credentialing and Certification Decisions that deciding whether students have met certain standards (Brookhart and Nitko, 2008: 2). This opinion is supported by Tay, et al (2010) which states that the assessment of education related to the process of giving a decision on the quality or performance of student achievement. Decision-making is done through a process of learning assessment on a number of competency standards.

Generally, assessment method is designed to evaluate many competencies but, final result is a grade without any description about student's achievement in every competency. The method can be unfair if not considering many specializations of a specific competency. Mossin et al (2010) have proposed a model of evaluation method based on fuzzy sets which can determine the capabilities and the deficiencies of a student in different areas of knowledge in industrial automation.

In assessment process, teacher's preference involves quantitative and qualitative aspects. Quantitative aspects can be easily represented using numeric, while the qualitative aspect more precisely represented using linguistic variables. Linguistic variable is a variable whose value is not numbers but words or sentences in natural language and the words are characterized by fuzzy sets defined in the universe defined set [Wang,1997].

The assessment process is conducted through various techniques, both test and non test, and usually the result is given in numerical value which is then interpreted into a letter or linguistic variable. Valuation in non-test assessment techniques such as assignments and observations is quite possible or even more appropriate if presented using linguistic variables. Sometimes, it would be easy to assess by means of linguistic variables against some assignments and observations in terms of valuation cannot be ascertained by a proper score.

Consider that possibility, it is proposed to use linguistic variables not to represent qualitative aspect, but to represent teacher's preferences in the non-test assessment techniques. Thereby, teachers can assess using linguistic variables, in the case that has been done using numerical value.

As consequence of using the linguistic variables, assessment data set will consist of numerical and linguistic information, so it needs a procedure to combine the two types of data to obtain the final result. There have been studies, which are initiated by Herrera and Martinez (2000b), that combines numeric and linguistic and represents unification results in 2-tuples linguistic. The 2-tuple linguistic approach is better than other linguistic approach to overcome the problem of combining linguistic and numeric. Unification result of other linguistic approach usually does not exactly match any of the initial linguistic terms, and needs an approximation process to express the result in the initial expression domain. This produces the consequent loss of information and hence the lack of precision, but it can be handled well by 2-tuple linguistic approach.

Consider some problems described above, it is important to develop a robust assessment method which can accommodate the use of linguistic variable in some assessment techniques and the final result can describe students' strong and weak points in every competency. Some ideas implemented in the previous studies are combined to define solution for the problem.

The aim of this paper is to extend the concept of solving MCDM problems under linguistic environment, to solve the problems of learning competency evaluation. The extension includes information about determining weights of learning competency, using of linguistic variables to values students' performance in some assessment techniques, combining numeric and linguistic and informing that student excellence in a specific competency, but did not succeed in another competency. In order to do this, the remaining of this paper is organized as follows: In Section 2, we briefly reviews basic definitions of the 2-tuple fuzzy linguistic approach and some aggregation operators. Section 3 describes some basic definitions to integrate numeric and linguistic. The proposed method to solve the problems based on unifying numeric and linguistic is presented in Section 4. Section 5 presents an illustrative example and finally the paper is concluded in Section 6.

2. The 2-Tuple Fuzzy Linguistic Representation

Computational techniques for dealing with linguistic terms can be classified into three categories (Herrera and Martínez, 2000a), i.e. extension principle, symbolic method, and 2-tuple fuzzy linguistic representation model. In the former two approaches, the results usually do not exactly match any of initial linguistic terms, and then an approximation process must be developed to express the result in the initial expression domain. This produces the consequent loss of information and hence the lack of precision. Herrera and Martínez (2000a; 2000b), proposed an approach namely the 2-tuple fuzzy linguistic representation model to overcome these limitations.

The 2-tuple fuzzy linguistic approach has been successfully applied in many problems and more convenient and precise to deal with linguistic terms in solving MCDM problems. This approach has been implemented in various applications, including for the evaluation of computer network security systems (Zhang, 2011), the evaluation of employee competencies (Hachicha et al, 2009), a method for evaluating the risk of high-level technology (Lin, 2009), evaluate emergency response capacity (Ju et al, 2012), tourist management (Wang, 2011), the prevention and reduction capacity assessment floods (Liu, et al, 2011), and constructing HOQ-based failure modes and effects analysis (Wen-Chang Ko, 2013).

The linguistic term set and its semantics can be generated by directly assigning the term set of which all the terms will be distributed on a scale where a total order is defined (Herrera dan Martinez, 2000b). For example, let $S = \{s_i \mid i = 0, \dots, g\}$ be a linguistic term set with odd cardinality. The set of seven terms S can be assigned by the semantics as follows:

$$S = \{s_0 = \text{extremely poor (EP)}; s_1 = \text{very poor (VP)}; s_2 = \text{poor (P)}; s_3 = \text{medium (M)}; s_4 = \text{good (G)}; s_5 = \text{very good (VG)}; s_6 = \text{extremely good (EG)}\}$$

Any label, s_i represents a possible value for a linguistic variable, and there exist:

- 1). A Negation operator: $Neg(s_i) = s_j$ such that $j = g - i$ ($g + 1$ is the cardinality).
- 2). $s_i \leq s_j \Leftrightarrow i \leq j$. Therefore there exists a minimization and a maximization operator, that are:
 $\max(s_i, s_j) = s_i, \text{ if } s_i \geq s_j; \min(s_i, s_j) = s_i, \text{ if } s_i \leq s_j$

The semantics of the terms is given by fuzzy number defined in $[0,1]$ interval, which are usually described by membership functions. The linear trapezoidal membership functions are good enough to represent the linguistic value due to the vagueness of assessment given by the users. This is denoted by the 4-tuple $\bar{A} = (a, b, c, d)$ and the membership function of \bar{A} is as follows.

$$\mu_{\bar{A}}(x) = \begin{cases} 0 & x < a \\ \frac{x-a}{b-a} & a \leq x \leq b \\ 1 & b \leq x \leq c \\ \frac{x-d}{c-d} & c \leq x \leq d \\ 0 & x > d \end{cases}$$

Herrera and Martinez (2000a; 2000b; 2012) proposed a model of linguistic information expressed through 2-tuple (s, α) , which is compiled by the linguistic term s and α assessed numerical values in the interval $[-0.5, 0.5]$. This model allows a continuous representation of linguistic information in its domain, therefore, may represent a tally of information obtained in the process of aggregation. The 2-tuple fuzzy linguistic model takes the basic model of symbolic and symbolic translation concepts and then uses it to represent the linguistic information through a pair of values, called linguistic 2-tuple, (s, α) . s represent linguistic terms, while α is a numerical value representing the symbolic translation.

Definition 1. The symbolic translation of a linguistic term $s_i \in S = \{s_0, \dots, s_g\}$ consists of a numerical value $\alpha_i \in [-0.5, 0.5]$ that supports the “difference of information” between a counting of information β assessed in $[0, g]$ obtained after a symbolic aggregation operation (acting on the order index of the labels) and the closest value in $\{0, \dots, g\}$ that indicates the index of the closest linguistic term in $S(s_i)$.

The linguistic representation model defines a set of functions to make transformation between linguistic terms and 2-tuples.

Definition 2. Let $s_i \in S$ be linguistic term, then its equivalent 2-tuple representation is obtained by means of the function Φ as:

$$\begin{aligned} \Phi: S &\rightarrow (S \times [-0.5, 0.5]) \\ \Phi(s_i) &= (s_i, 0), \quad s_i \in S \end{aligned} \tag{1}$$

A crisp value $\beta \in [0, g]$ can be transformed into the 2-tuple linguistic variable using the following definition.

Definition 3. Let $S = \{s_0, \dots, s_g\}$ be a linguistic term set, $\beta \in [0, g]$ is a number value representing the symbolic aggregation result of linguistic term. Then the 2-tuple that expresses the equivalent information to β is obtained using the following function:

$$\begin{aligned} \Delta: [0, g] &\rightarrow S \times [-0.5, 0.5] \\ \Delta(\beta) &= (s_i, \alpha) \\ \text{where } \begin{cases} s_i, \\ \alpha = \beta - i \end{cases} & \begin{cases} i = \text{round}(\beta) \\ \alpha \in [-0.5, 0.5] \end{cases} \end{aligned} \tag{2}$$

where round is the usual rounding operation, s_i has the closest index label to β and α is the value of the symbolic translation.

Definition 4. Let $S = \{s_0, \dots, s_g\}$ be a linguistic term set and (s_i, α) is 2-tuple linguistic information, then there exists a function Δ^{-1} which is able to transform 2-tuple linguistic information into its equivalent numerical value $\beta \in [0, g] \subset R$:

$$\begin{aligned} \Delta^{-1}: S \times [-0.5, 0.5] &\rightarrow [0, g] \\ \Delta^{-1}(s_i, \alpha) &= i + \alpha = \beta \end{aligned} \quad (3)$$

3. Combining Numeric and Linguistic using linguistic approach

Let $x \in [0, 1]$ is a numerical value and $S = \{s_0, \dots, s_g\}$ a set of term linguistic. To combine numerical and linguistic value, it takes several functions that transform these values into a linguistic 2-tuple representation. First, it requires a function to transform numerical and linguistic information into a linguistic 2-tuple. Secondly, unify the result by applying linguistic 2-tuple aggregation operator.

Herrera and Martinez (2000b) have defined the function, which includes two steps, which are converting x into fuzzy set in S and transforming the fuzzy set into linguistic 2-tuple assessed in S .

Definition 5:

Let $x \in [0, 1]$ is a numerical value and $S = \{s_0, \dots, s_g\}$ a set of term linguistic. Transforming x into linguistic 2-tuple assessed in S using τ function defined as follows:

$$\begin{aligned} \tau: [0, 1] &\rightarrow F(S) \\ \tau(x) &= \{(s_0, \theta_0), \dots, (s_g, \theta_g)\}, s_i \in S \text{ and } \theta_i \in [0, 1], \quad \text{such that} \\ \theta_i &= \mu_{s_i}(x) = \begin{cases} 0 & \text{if } x \notin \text{support}(\mu_{s_i}(x)) \\ \frac{x-a_i}{b_i-a_i} & \text{if } a_i \leq x \leq b_i \\ \frac{c_i-x}{c_i-d_i} & \text{if } b_i \leq x \leq d_i \\ 1 & \text{if } d_i \leq x \leq c_i \end{cases} \end{aligned} \quad (4)$$

The semantic of the membership function μ_{s_i} is given by trapezoidal parametric function whose parameters are (a_i, b_i, c_i, d_i) . The result will be transformed into linguistic 2-tuple using definition below.

Definition 6.

Let $\tau(x) = \{(s_0, \theta_0), \dots, (s_g, \theta_g)\}$ be a fuzzy set that represents numerical value $x \in [0, 1]$ over the linguistic set $S = \{s_0, \dots, s_g\}$. To obtain a numerical value that represents information from the fuzzy set assessed in $[0, g]$ by means of function χ

$$\begin{aligned} \chi: F(S_T) &\rightarrow [0, g] \\ \chi(\{(s_j, \theta_j) | j = 0, \dots, g\}) &= \frac{\sum_{j=0}^g j\theta_j}{\sum_{j=0}^g \theta_j} = \beta \end{aligned} \quad (5)$$

Value β is transformed into linguistic 2-tuple by using the function Δ as in eq. 2. Transformation process from numeric into linguistics can be presented as in figure 1.

$$[0, 1] \xrightarrow{\tau} F(S_T) \xrightarrow{\chi} [0, g] \xrightarrow{\Delta} S \times [-0.5, 0.5]$$

Fig 1. Transformation from numeric into (s, α)

Once obtained the transformation results in 2-tuple linguistic, unifying process of the information is conducted using 2-tuple linguistic aggregation operator. Some aggregation operators for 2-tuple linguistic variables defined, such as arithmetic mean, weighted average, and linguistic weighted average operator (Moreno et al, 2010; Li and Zhang, 2012). The operators are defined as follows.

Definition 7. Let $x = \{(s_1, \alpha_1), (s_2, \alpha_2), \dots, (s_n, \alpha_n)\}$ be a 2-tuple linguistic set, then the arithmetic mean is

$$(\bar{s}, \bar{\alpha}) = \Delta \left(\frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \Delta^{-1}(s_j, \alpha_j) \right), \bar{s} \in S, \bar{\alpha} \in [-0.5, 0.5] \quad (6)$$

Definition 8. Let $x = \{(s_1, \alpha_1), (s_2, \alpha_2), \dots, (s_n, \alpha_n)\}$ be a 2-tuple linguistic set, and $\omega = (\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n)$ be the weighting vector of 2-tuples (s_j, α_j) ($j = 1, 2, \dots, n$) and $\omega_1 \in [0,1], j = 1, 2, \dots, n, \sum_{j=1}^n \omega_j = 1$ then the two-tuple weighted average is

$$\begin{aligned} (\bar{s}, \bar{\alpha}) &= \varphi((s_1, \alpha_1), (s_2, \alpha_2), \dots, (s_n, \alpha_n)) \\ &= \Delta\left(\frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \omega_j \Delta^{-1}(s_j, \alpha_j)\right), \bar{s} \in S, \bar{\alpha} \in [-0.5, 0.5] \end{aligned} \quad (7)$$

The results in 2-tuple linguistic should can be converted into appropriate numerical value. There are 2 steps to convert a value of 2-tuple linguistic into a value of [0,1].

Definition 9. Let (s_k, α) be **2-tuple linguistic based on symbolic translation**, where $s_k \in S = \{s_0, \dots, s_g\}$ and $\alpha \in [-0.5, 0.5]$ which equivalent numerical value is $\Delta^{-1}((s_k, \alpha)) = \beta$ with $\beta \in [0, g]$. **Function δ computes two 2-tuple based on the membership degree**, from the initial 2-tuple linguistic, that support the same counting of information:

$$\begin{aligned} \delta: [0, g] &\rightarrow \{S_T \times [0,1]\} \times \{S_T \times [0,1]\} \\ \delta(\beta) &= \{(s_h, 1 - \gamma), (s_{h+1}, \gamma)\} \\ \text{where } h &= \text{trunc}(\beta) \\ \gamma &= \beta - h \end{aligned} \quad (8)$$

Definition 10. Let $(s_h, 1 - \gamma)$ and (s_{h+1}, γ) are two 2-tuple linguistic **based on membership degree**, the equivalent numerical value assessed in [0,1] is obtained using function κ

$$\begin{aligned} \kappa: \{S_T \times [0,1]\} \times \{S_T \times [0,1]\} &\rightarrow [0,1] \\ \kappa\{(s_h, 1 - \gamma), (s_{h+1}, \gamma)\} &= CV(s_h)(1 - \gamma) + CV(s_{h+1})(\gamma) \end{aligned} \quad (9)$$

$CV(.)$ is a function providing *characteristic value*. The result is a crisp value that summarize the information given by a fuzzy set v_i , one of them is **maximum value (MV)**.

Definition 11. If given label s_i with the membership degree $\mu_{ys_i}(v), v \in V = [0,1]$, *height* is defined as $height(s_i) = \text{Sup}\{\mu_{ys_i}(v), \forall v\}$. Therefore $CV(.)$ of maximum value is defined as $MV(s_i) = \{v | \mu_{(s_i)}(v) = height(s_i)\}$ (Cordon, dkk. 1997)

4. Proposed Model

Assessment of learning involves some techniques both test and non test. In general, within computing process to obtain a final grade for each subject, each of assessment techniques is weighted. In the proposed model, the weights are assigned to learning competencies and determined using a specified method.

Typically, values assigned to each test, assignment or observation, are provided in a form of numeric, while linguistic value only given for attitudes assessment. This model proposes to exploit variable linguistic, not to assess attitudes, but to assess student performance in multiple valuation techniques such as assignment, daily tests, daily observations (participation), presentations and portfolios. For this purpose, the representation of linguistic variables must be defined.

The set of linguistic variables is defined on the basis of exposure to Herrera et al (2000). In view of this, a linguistic term set, S , with seven labels used in the proposed model can be defined as follows

$$S = \{s_0, s_1, s_2, s_3, s_4, s_5, s_6\}$$

The semantic is described in Table 1

Table 1. Linguistic terms and it's semantics

symbol	Abb.	Linguistic term	TFN
--------	------	-----------------	-----

s_0	VP	Very poor	(0,0,0.17)
s_1	P	Poor	(0, 0.17, 0.33)
s_2	A	Average	(0.17, 0.33, 0.5)
s_3	AA	Above average	(0.33, 0.5, 0.67)
s_4	G	Good	(0.5, 0.67, 0.83)
s_5	VG	Very good	(0.67, 0.83, 1)
s_6	E	Excellent	(0.83,1,1)

The cardinality of linguistic term set S in a limited number of grades must be defined appropriately. It could be small enough but does not reduce the precision of the value and it should be rich enough to allow discrimination of the performances of each criterion. Based on study, the psychologists recommended the use of 7 ± 2 labels, less than 5 being not sufficiently informative, more than 9 being too much for a proper understanding of their differences (Dutta et al, 2014). Moreover, in educational measurement seven categories scale at the same distance is consistent with Thurstone scale and has a good reliability (Thorndike and Thorndike-Christ, 2010: 368).

The set of semantic linguistic terms represented by triangular fuzzy numbers (Triangular Fuzzy Number, TFN). TFN is a simple method and easily understood to represent an assessment of decision maker, and fuzzy arithmetic operations in TFN are very easy to do (San Lin et al, 2013). In addition, the membership function of TFN is considered quite reliable in showing the uncertainty of linguistic assessment of which usually represents estimate subjective assessment of decision makers (Herrera-Viedma, et al., 2004)

Uncertainty is one source of measurement errors, which in educational measurement is considered and represented as shown in the equation

$$X = T + e$$

The equation shows that observed score (X) consists of true score (T) and measurement error (e). (Thorndike and Thorndike-Christ, 2010: 119).

Learning assessment is conducted to assess a number of competency standards. For example, Table 2 shows the math competency standards for high school of class X in the first semester.

Table 2. Competency Standards of Math class X semester 1

Standar Kompetensi	Kompetensi Dasar
1. Solve problems related to the power, roots, and logarithms	Using the rules of power, roots, and logarithm Perform algebraic manipulations in computation involving power, roots, and logarithms
2. Solve problems related to the functions, equations and quadratic functions and quadratic inequality	2.1 Understanding the concept of a function 2.2 Drawing a graph of simple algebra and quadratic functions 2.3 Using the properties and rules of quadratic equations and inequalities 2.4 Perform algebraic manipulation in computation related to quadratic equations and inequalities 2.5 Designing a mathematical model of a problem related to equality and / or a quadratic function 2.6 Solving mathematical model of a problem related to equality and / or quadratic functions and their interpretation

3. Solve problems associated with linear equations system and one variable inequalities

3.1 Solving of 2-variables linear equations system and 2-variables mixed linear and quadratic equations system

3.2 Designing a mathematical model of a problem associated with linear equations system

3.3 Solving mathematical models of a problem related to linear equations systems and its interpretation

3.4 Completing one-variable inequality that involves algebraic fractions

3.5 Designing a mathematical model of problems associated with one-variable inequality

3.6 Solving mathematical models of problems associated with one - variable inequality and its interpretation

Suppose that each student has n attributes which is refer to n competencies. Each competency has k kind of assessment techniques, which the value in k_i could be numerical $x \in [0,1]$ or linguistic $S = \{s_0, \dots, s_g\}$. The scheme is depicted in Table 3.

Table 3. Scheme of assessment problem with numeric and linguistic value

Alternatif (a_i)/ students	Competency Standard 1												Competency Standard m											
	Attribute/ Basic Competency 1				Attribute/ Basic Competency ...				Attribute/ Basic Competency n				Attribute/ Basic Competency 1				Attribute/ Basic Competency ...				Attribute/ Basic Competency n			
	T	A ₁	...	O	T	A ₁	...	O	T	A ₁	...	O	T	A ₁	...	O	T	A ₁	...	O	T	A ₁	...	O
a_1	x_{11}	s_{11}	...																					
\vdots																								
a_k																								

Note: Abb. T, A, O refer to assessment techniques, that are T=Test O=Observation A=assignment

Each column of these assessment techniques can be represented into a decision matrix $R_k = (r_{ij}^k)_{m \times n}$, where $r_{ij} \in [0,1]$ if using numerical value and $r_{ij} \in s_i = \{s_0, s_1, \dots, s_g\}$ if using linguistic value.

Below we describe the stages carried out in a 2-tuple linguistic for the evaluation of learning competency.

- Transform each of the numeric and linguistic information in the decision matrix $R = (r_{ij})_{m \times n}$ be a 2-tuple linguistic $\bar{R} = (\bar{r}_{ij})_{m \times n}$;
- Calculate the arithmetic mean of each competency of every student from all of assessment technique matrices to determine the final decision matrix;
- Calculate the degree of importance of evaluation competency using Fuzzy Analytic Network Process;
- Describe the achievement level of each competency;
- Aggregate the information from the final decision matrix and the degree of importance of evaluation competency using 2-tuple linguistic operators to obtain the final results;
- Transform the final results into the final pertinent numeric value.

Briefly, the stages are illustrated in the following diagram (fig.2)

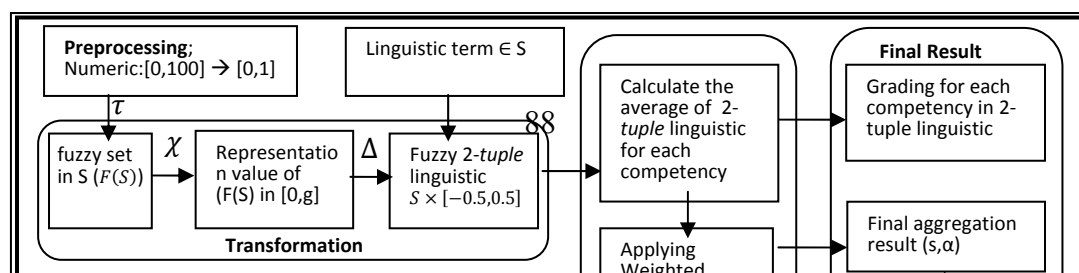


Figure 2. Stages in proposed method

(a). Transforming the linguistic information into 2-tuple Fuzzy Linguistic

Preferences given by the teacher for the student consisting of numerical and linguistic information are presented in the form of a decision matrix. Afterward, each element in the matrix is transformed into 2-tuple linguistic representation, using equation (1) for linguistic information; and equation (4), (5) and (2) for numerical information.

(b). Calculate the arithmetic mean from all of the transformation matrices to determine final decision matrix;

There are several decision matrices, because preference of teacher to value students' performance comes from several assessments techniques. It requires step to aggregate these matrices into a final decision matrix to be ready operated using 2-tuple linguistic operators. This step involves equations (6). The final decision matrix also represents the final 2-tuple fuzzy linguistic information for each competency.

(c). Calculating the degree of importance of learning competency using Fuzzy Analytic Network Process;

The weight of each competency is determined based on the level of difficulty, which include three aspects i.e. the depth, coverage, and the complexity of the matter. Preferences for these three aspects are given by the teacher, and then the results are used as a basis for filling pair wise comparison matrix in ANP.

Weight of competency in the assessment of learning should not have a value of 0 (zero). Zero weight indicates that the competency does not take into account towards the achievement of learning outcomes, and it is not in accordance with the principles of assessment. Therefore, the proposed model must be able to anticipate the weakness of FANP (Öztürk, 2006; Basaran, 2012), by (a) making pair wise comparison matrix (PCM) to be consistent (Brunelli et al, 2013), and (b) determining the fuzzy linguistic scale used in PCM. Linguistic scale that will be used in the proposed model adopted from Promentilla et al (2008) by taking 5 scale and degree of fuzziness $\delta = 3$.

There are 5 stages to calculate the weight of learning competencies, which are:

- a) Determine Local weights, assuming there are no dependencies between criteria (*weight of Independent Criteria*, W_{nc}). The local weights of the factors and criteria are determined by pair-wise comparisons using linguistic variables. The factors are compared with each other assuming that there is no interdependency among them. To calculate the local weights, the values of fuzzy numbers should be calculated first using fuzzy AHP approach proposed by Chang, and known as Chang's extent analysis (Buyuközkan et al, 2004; Özdağoğlu, 2012).
- b) Calculate *Relatif Important weight (RIW)* of each criterion by consider the inner dependence of each criterion which is constructed regarding the other criterion with fuzzy scale. The RIW is collected and become the dependence matrix.

- c) Determine Interdependent weights. Interdependent weights (W_{ic}) are determined by multiplying the dependence matrix with the local weights of main factors which is calculated in previous step ($RIW \times W_{nc}$)
- d) Calculate the weight of each sub-criteria within each criterion (W_{sc})
- e) Determine Global weights. The global weights of the criteria are calculated using interdependent weights of the factors (W_{ic}) and each of local weight of the subcriteria (W_{sc}).

In this stage, computation to get the weight of each PCM is performed using Chang's Extend Analysis (Özdağoğlu, 2012).

(d). Describe the achievement level of each competency;

The value of each competency in the final decision matrix is used to describe the achievements of students in each competency. Ma and Zhou (2000) have proposed a method called fuzzy grading system by transforming numerical value into a corresponding letter grade, based on membership degree of a fuzzy function. Mossin et al (2010) uses a classification system based on fuzzy rule to assess each competency. The two models combined will be used as a step to describe achievements of each competency based on the 2-tuple linguistic.

(e). Aggregate the information from the final decision matrix and the degree of importance of evaluation competency using 2-tuple linguistic operators to obtain the final results;

Next stage is aggregate of linguistic 2-tuple obtained by each alternative for all attributes. Aggregation results will be used to rank alternatives. At this stage if every attributes that are involved have a weight, then the weight is taken into account using a weighted average operator (equation 7).

(f). Transform the final results into the final pertinent numeric value.

Final score in numeric which is equivalent with final result in 2-tuple linguistic is still needed in a final report. Therefore, to complete the process, the last stage is converting the final 2-tuple linguistic into numeric using equation (3), (8) and (9).

5. Illustrative Example

Suppose a teacher will assess students' competencies in a course which has 14 competencies as depicted in Table 2 which will be assessed by means of three kinds of evaluation techniques, i.e. test, assignments and observation.

For example, there are six students, $A_i, i = 1, \dots, 6$, the decision matrix which is used to represent the assessment value is

$$R_k = (r_{ij}^{(k)})_{6 \times 14} \quad (k = 1, 2, 3)$$

where $r_{ij} \in [0, 1]$, or $r_{ij} = s_{ij} \in S, i = 1, \dots, 6; j = 1, \dots, 14$

k is kind of evaluation techniques

$k = 1$, for test, $k = 2$, for Assignment, $k = 3$, for Observation,

The linguistic term set S used in the assessment is taken from Table 1. For example, performance value given by the teacher construct the decision matrix as below.

	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7	C_8	C_9	C_{10}	C_{11}	C_{12}	C_{13}	C_{14}
A_1	0.75	0.65	0.84	0.67	0.90	0.75	0.77	0.95	1	0.86	0.70	0.85	0.88	0.90
A_2	0.55	0.45	0.70	0.50	0.70	0.65	0.45	0.66	0.65	0.56	0.34	0.40	0.54	0.60
A_3	0.95	0.90	0.90	0.88	0.85	0.88	0.90	0.80	0.80	0.78	0.75	0.80	0.80	0.85
A_4	0.65	0.70	0.70	0.75	0.7	1	1	0.7	1	1	0.6	0.6	0.66	0.83
A_5	0.60	0.60	0.70	0.65	0.5	1	1	1	1	0.6	0.6	0.8	0.65	0.81
A_6	0.8	0.70	0.90	0.80	1	1	1	1	0.8	1	0.7	0.8	0.7	0.88
A_1	E	G	G	G	G	AA	A	VG	G	E	G	G	VG	G

$$R2 = \begin{matrix} & A_2 & A & P & A & AA & P & A & P & G & A & G & P & A & AA & G \\ A_2 & & & & & & & & & & & & & & & \\ A_3 & E & G & G & G & E & E & VG & E & G & VG & VG & E & G & G & E \\ A_4 & G & G & G & A & A & AA & AA & VG & G & G & AA & AA & A & G & VG \\ A_5 & G & G & A & A & A & A & G & G & G & G & AA & G & G & A & G \\ A_6 & VG & AA & G & VG & G & VG & VG & VG & E & G & G & E & G & G & E \end{matrix}$$

$$R3 = \begin{matrix} & C1 & C2 & C3 & C4 & C5 & C6 & C7 & C8 & C9 & C10 & C11 & C12 & C13 & C14 \\ A_1 & G & VG & E & G & AA & G & AA & VG & G & E & G & G & E & VG \\ A_2 & A & AA & A & G & P & VP & P & G & A & G & AA & AA & G & G \\ A_3 & VG & G & G & VG & E & G & E & G & VG & G & G & G & G & G \\ A_4 & A & AA & AA & A & A & G & G & AA & G & A & A & P & P & A \\ A_5 & A & A & P & P & VP & AA & G & G & G & A & A & AA & A & G \\ A_6 & G & A & E & G & G & G & G & G & G & G & G & G & G & VG \end{matrix}$$

After transform the decision matrix $R^k = (r_{ij}^k)_{m \times n}$ into 2-tuple linguistic matrix $\bar{R} = (\bar{r}_{ij})_{m \times n}$ using the equation (1) (4), (5) and (2), the final decision matrix is determined by using the equation (6), and yields

$$\bar{R} = \begin{matrix} & VG & -0.17 & G & 0.29 & VG & 0.02 & G & 0.00 & G & 0.14 & G & -0.17 & AA & 0.21 & VG & 0.24 & VG & -0.33 & E & -0.27 & G & 0.06 & G & 0.37 & VG & 0.43 & VG & -0.20 \\ A & 0.43 & A & 0.24 & AA & -0.27 & AA & 0.33 & A & 0.06 & A & -0.04 & A & -0.43 & G & -0.02 & AA & -0.37 & G & -0.22 & A & 0.02 & A & 0.47 & AA & 0.41 & G & -0.14 \\ E & -0.43 & G & 0.47 & G & 0.47 & VG & 0.43 & E & -0.29 & VG & -0.24 & E & -0.20 & G & 0.27 & VG & -0.06 & VG & -0.44 & VG & -0.17 & G & 0.27 & G & 0.27 & VG & 0.04 \\ AA & 0.29 & G & -0.27 & G & -0.27 & AA & -0.17 & AA & 0.06 & G & 0.33 & VG & 0.00 & G & -0.27 & VG & -0.33 & G & -0.33 & AA & -0.14 & A & 0.20 & AA & -0.02 & G & 0.00 \\ AA & 0.20 & AA & 0.20 & A & 0.40 & A & 0.29 & A & -0.33 & G & 0.33 & VG & -0.33 & VG & -0.33 & VG & -0.33 & AA & -0.14 & AA & 0.20 & G & -0.06 & AA & -0.37 & G & 0.29 \\ VG & -0.40 & AA & 0.06 & VG & 0.14 & VG & -0.40 & VG & -0.33 & VG & 0.00 & VG & 0.00 & VG & 0.33 & G & 0.27 & VG & -0.33 & VG & -0.27 & G & 0.27 & G & 0.06 & VG & 0.43 \end{matrix}$$

Suppose the weight of 14 competencies obtained from the calculation using FANP methods is $w=\{0.257 \ 0.136 \ 0.048 \ 0.043 \ 0.043 \ 0.043 \ 0.043 \ 0.056 \ 0.061 \ 0.061 \ 0.061 \ 0.045 \ 0.045 \ 0.061\}$

Then the final results of student's assessment determined using the equation (7) as shown in Table 4 and 5

Table 4. final results of student's assessment

Student #	Numeric score	2-TL score	Description
1	77.06	VG -0.37	Very good, although still need 37% to reach the grade VG meskipun masih kurang 37% lagi mencapai grade ini <u>Detail*</u>
2	44.58	AA -0.32	Above average, meskipun masih kurang 32% lagi mencapai grade ini <u>Detail*</u>
3	82.88	VG -0.01	Very Good, hanya kurang 1% lagi mencapai grade ini <u>Detail*</u>
4	59.46	G -0.44	Good, meskipun masih kurang 44% lagi mencapai grade ini <u>Detail*</u>
5	56.82	AA 0.40	Above Average, 44% berpotensi mencapai grade Good <u>Detail*</u>
6	75.22	VG -0.49	Very Good, meskipun masih kurang 49% lagi mencapai grade ini <u>Detail*</u>

Table 5. detail illustration

No	Student #	Numeric score	2-TL score	Description
1	1	77.06	VG -0.37	Very good, meskipun masih kurang

37% lagi mencapai grade ini

Detil:

Competency	2-TL score	Description
6. C1.1	VG, -0.17	Very Good, meskipun masih diperlukan 17% untuk peringkat ini
7. C1.2	etc	

Based on Table 4, the student rankings are: student # 3> student # 1> student # 6> student # 4> student # 5> student # 2.

The final value of student # 1 is 77.06 and (VG, -0.37). The results showed that students # 1 in category of Very Good (VG), although still need 37% to reach the grade VG, indicated with a value of $\alpha = -0.37$. Graphically, the value is shown in Fig.3.

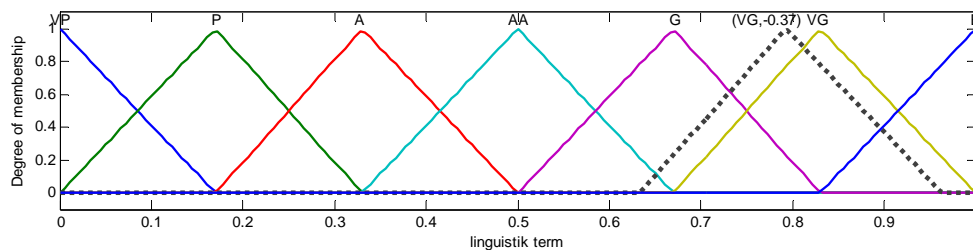


Figure 3. Representation of $(S_5, -0.37)$

The final results using a 2-tuple linguistic provide additional information about student achievement that more meaningful. Value α on the linguistic 2-tuples in the final value of a student can be interpreted as a comparison of ability with other students if they are in the same category, and shows how much potential is achieved to reach higher rankings.

6. Conclusion

The modeling and handling of linguistic information are crucial in assessment of learning since there are qualitative aspects included in the assessment. Therefore in this paper we have proposed a method using 2-tuple linguistic representations to compute the final score of assessment that involves numeric and linguistic information.

Value α of the 2-tuple linguistic in the final result and in the description of each competency, becomes additional information that can be interpreted as a comparison ability with other students, and shows how much potential is achieved to grab higher ranking.

The proposed model contributes to enrich the learning assessment techniques, due to the exploitation of linguistic variable as representation preferences, providing flexible space for teachers in their assessments.

References

- Bai,H., and Zhan, Z., 2011, An IT Project Selection Method Based On Fuzzy Analytic Network Process, *Proc.of International Conference on System Science, Engineering Design and Manufacturing Informatization*.
- Başaran,B., 2012. A Critique On The Consistency Ratios Of Some Selected Articles Regarding Fuzzy AHP and Sustainability, 3rd International Symposium on Sustainable Development, May 31 - June 01 2012, Sarajevo

- Brookhart, S.M. dan Nitko, A.J., 2008, *Assessment and Grading in Classrooms*. Pearson Education, Inc., New Jersey.
- Brunelli M., Canal L., Fedrizzi M., 2013, Inconsistency indices for pairwise comparison matrices: a numerical study, *Ann Oper Res* (2013) 211:493–509 DOI 10.1007/s10479-013-1329-0
- Buyuközkan, G., Ertay, T., Kahraman, C., Ruan, D. 2004. Determining the Importance Weights for the Design Requirements in the House of Quality Using the Fuzzy Analytic Network Approach. *International Journal of Intelligent Systems*, 19, 443–461
- Cordon, O., Herrera, F., dan Peregrin, A., 1997. Applicability of the fuzzy operators in the design of fuzzy logic controllers, *Fuzzy Sets and Systems* 86 (1997) 1541.
- Dutta, B., Guha, D., Mesiar, R. 2014. A Model Based on Linguistic 2-tuples for dealing with heterogeneous Relationship among Attributes in Multi-expert Decision Making. *IEEE Transaction on Fuzzy Systems*, Vol. PP, Issue 99, 2014. DOI: 10.1109/TFUZZ.2014.2379291
- Hachicha, R.M., Dafaoui, E.-M., El Mhamedi, A., 2009, Competency evaluation approach based on 2-tuple linguistic representation model, *IEEE Conference Publications on the 16th International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management*, ICIEEM '09, 879 - 884
- Herrera, F., and Martínez, L., 2000a, A 2-tuple fuzzy linguistic representation model for computing with words, *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, vol. 8, no. 6, pp. 746–752, 2000
- Herrera, F., and Martinez, L., 2000b, An Approach for combining linguistic and Numerical Information based on the 2-Tuple Fuzzy Linguistic Representation model in Decision Making, *International Journal of Uncertainty, Fuzziness and Knowledge-Based systems*, Vol 8, No.5, pp. 539-562
- Herrera-Viedma, E., Herrera, F., Martinez, L., Herrera J.C., and Lopez, A.G. 2004, Incorporating filtering techniques in a fuzzy linguistic multi-agent model for information gathering on the web. *Fuzzy Sets and Systems* 148 (2004) 61–83
- Ju, Y., Wang, A., and Liu, X., 2012, Evaluating emergency response capacity by fuzzy AHP and 2-tuple fuzzy linguistic approach. *Expert Systems with Applications* 39, 6972–6981
- Lin, Y., 2009, Method for Risk Evaluation of High-Technology with 2-Tuple Linguistic Information. *Proc. of Third International Symposium on Intelligent Information Technology Application*, IITA 2009. Volume: 2, 261 – 264
- Liu, Y., Xu, J., and Nie, W., 2011, Assessment of Capacity of Flood Disaster Prevention and Reduction with 2-tuple Linguistic Information, *Journal of Convergence Information Technology*, Volume 6, Number 7
- Li, M., and Zhang Y., 2012. The OWA-VIKOR method for multiple attributive group decision making in 2-tuple linguistic setting, *Journal of Convergence Information Technology (JCIT)*, Volume 7, Number 2, February 2012, doi:10.4156/jcit.vol7.issue2.22
- Ma, J., dan Zhou, D., 2000, Fuzzy Set Approach to the Assessment of Student-Centered Learning. *IEEE Transactions on Education*, 2, 43, 237-241
- Martinez L., and Herrera F., 2012. An overview on the 2-tuple linguistic model for computing with words in decision making: Extensions, applications and challenges, *Information Sciences* 207 (2012) 1–18
- Moreno, J.M., Morales del Castillo, J.M., Porcel, C., Herrera-Viedma, E., 2010, A quality evaluation methodology for health-related websites based on a 2-tuple fuzzy linguistic approach, *Soft Computing* 14:887–897, Springer-Verlag
- Mossin, E.A., Pantoni, R.P., dan Brandão, D., 2010, Students' Evaluation based on Fuzzy Sets Theory, Azar, A.T., (Ed.), *Fuzzy Systems*, INTECH, Croatia. . <http://www.intechopen.com>

- Özdağoğlu, A., 2012, A multi-criteria decision-making methodology on the selection of facility location: fuzzy ANP, *International Journal of Advance Manufacture Technology*, 59, 787–803
- Öztayşi, B., and Kutlu, A.C., 2011. Determining the Importance of Performance Measurement Criteria Based on Total Quality Management Using Fuzzy Analytical Network Process, Wang, Y., and Li, T., (Eds.): *Practical Applications of Intelligent Systems*, AISC 124, pp. 391–400. Springerlink.com © Springer-Verlag Berlin Heidelberg
- Öztürk, Z. K. 2006. A review of multi criteria decision making with dependency between criteria, *International Conference on Multiple Criteria Decision Making (MCDM) 2006*, Chania, Greece, June 19-23, 2006
- Promentilla MAB, Furuichi T., Ishii K., Tanikawa N., 2008. A fuzzy analytic network process formulti-criteria evaluation of contaminated site remedial countermeasures. *Journal of Environmental Management*, 2008; 88 (3), 479–495.
- San Lin, C., Tung Chen, C., and Shing Chen, F., 2013. Applying 2-tuple linguistic variables to assess the teaching performance based on the viewpoints of students. *Proceeding of 2013 International Conference on Fuzzy Theory and Its Application National Taiwan University of science and Technology*, Taipei, Taiwan, Dec. 6-8, 2013.
- Tay, M.K., Lim, P. C. dan Jee, T. L., 2010, Enhancing Fuzzy Inference System Based Criterion-Referenced Assessment with An Application, *Proceedings 24th European Conference on Modelling and Simulation, ECMS*, Kuala Lumpur, Malaysia, 1 - 4 June 2010.
- Thorndike, R.M. dan Thorndike-Christ, T., 2010, *Measurement and Evaluation in Psychology and Education, Eight Edition*, Pearson Education Inc., Boston.
- Tseng, G.H. dan Huang, J.J., 2011, *Multiple Attribute Decision Making, Methods and Application*, CRC Press, Boca Raton.
- Wang, J.H., and Hao, J., 2006, A New Version of 2-Tuple Fuzzy Linguistic Representation Model for Computing With Words. *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, Vol. 14, No. 3, 435
- Wang, L.-X., 1997, *A Course in Fuzzy Systems and Control*, Prentice-Hall International Inc., Englewood Cliffs
- Wang, X., 2011, Model for Tourism Management with 2-tuple Linguistic Information, *Advances in Information Sciences and Service Sciences*. Volume 3, Number 4
- Wen-Chang Ko, 2013, Exploiting 2-tuple linguistic representational model for constructing HOQ-based failure modes and effects analysis, *Computers & Industrial Engineering* 64 (2013) 858–865
- Zhang, S., 2011, A model for evaluating computer network security systems with 2-tuple linguistic information, *Computers and Mathematics with Applications*, 62, 1916–192

LUARAN PENELITIAN 2

PUBLIKASI PAPER DALAM SEMINAR NASIONAL

**SEMINAR NASIONAL MATEMATIKA DAN PENDIDIKAN
MATEMATIKA**

FMIPA UNY

YOGYAKARTA, 14 NOVEMBER 2015

Eksplorasi Variabel Linguistik Fuzzy dalam Asesmen Pembelajaran

Sri Andayani

Jurusan Pendidikan Matematika FMIPA UNY

email andayani@uny.ac.id

Abstrak— Salah satu tipe pengambilan keputusan dalam pendidikan adalah *Credentialing and Certification Decisions*, yakni keputusan apakah siswa telah mencapai standar yang ditetapkan. Pengambilan keputusan tersebut dilakukan melalui proses asesmen pembelajaran atas standar kompetensi yang ditetapkan. Proses asesmen dilakukan melalui berbagai macam teknik, baik tes maupun non tes, dan pada umumnya nilai diberikan dalam bentuk skor (nilai numerik) yang kemudian diinterpretasikan menjadi nilai huruf atau kata-kata (linguistik).

Dalam banyak hal, akan lebih mudah memberi penilaian dengan menggunakan kata-kata (linguistik), terutama pada penilaian yang bersifat subjektif atau tidak dapat dipastikan dengan jelas batasan-batasannya. Variabel linguistik fuzzy sangat tepat digunakan dalam kondisi yang demikian. Variabel linguistik fuzzy adalah variabel yang nilainya dapat disajikan dengan kata-kata dan dicirikan oleh himpunan fuzzy dalam himpunan semesta yang didefinisikan. Model yang diusulkan ini mengeksplorasi variabel linguistik fuzzy, yakni berupa pengembangan penggunaan nilai linguistik di samping nilai numerik dalam beberapa teknik penilaian non tes. Pendefinisian variabel linguistik fuzzy yang digunakan, dasar-dasar pemilihan representasi, dan model komputasinya diuraikan secara detil, dengan tujuan diperoleh gambaran yang menyeluruh dalam implementasinya dalam asesmen pembelajaran. Harapannya, model ini dapat memberi peluang pemanfaatan nilai kualitatif di samping nilai kuantitatif, dan dapat digunakan dalam berbagai jenis asesmen alternatif dalam aspek kognitif, psikomotorik dan afektif.

Kata kunci: asesmen pembelajaran, variabel linguistik fuzzy

Pendahuluan

Asesmen atau penilaian pembelajaran mencakup semua cara yang digunakan untuk menilai unjuk kerja individu atau kelompok, melalui pengumpulan data bukti tentang pencapaian belajar siswa. Dalam kata lain, asesmen merupakan proses pemberian keputusan terhadap kemampuan siswa dalam sejumlah standar kompetensi. Proses pemberian keputusan apakah siswa telah mencapai standar yang ditetapkan dikenal dengan *Credentialing and Certification Decisions* [1].

Guru sebagai pengambil keputusan memberikan preferensi atas kompetensi pembelajaran tersebut dalam bentuk nilai kuantitatif atau kualitatif. Nilai kuantitatif dapat secara mudah disajikan menggunakan numerik, sedangkan nilai kualitatif lebih tepat disajikan menggunakan variabel linguistik. Variabel linguistik fuzzy adalah variabel yang nilainya dapat disajikan dengan kata-kata dan dicirikan oleh himpunan fuzzy dalam himpunan semesta yang didefinisikan [2].

Proses asesmen pembelajaran dilakukan melalui berbagai macam teknik, baik tes maupun non tes, dan pada umumnya nilai diberikan dalam bentuk nilai numerik yang kemudian diinterpretasikan menjadi nilai huruf atau variabel linguistik. Teknik asesmen non tes seperti penugasan dan observasi sangat mungkin atau bahkan lebih tepat jika disajikan dengan menggunakan variabel linguistik. Kadangkala, lebih mudah menilai menggunakan variabel linguistik terhadap tugas dan pengamatan dalam hal penilaian yang tidak dapat dipastikan dengan menggunakan skor yang tepat. Mempertimbangkan kemungkinan tersebut, maka diusulkan penggunaan variabel linguistik, bukan untuk merepresentasikan aspek kualitatif, tetapi untuk merepresentasikan preferensi guru terhadap kompetensi pembelajaran dalam

beberapa teknik assessmen non tes. Dengan demikian, guru dapat menilai menggunakan variabel linguistik, dalam hal yang selama ini dilakukan dengan menggunakan numerik.

Berdasarkan uraian tersebut, maka diusulkan eksploitasi variabel linguistik fuzzy sebagai bentuk preferensi guru dalam teknik assessmen non tes, seperti pemberian tugas, pengamatan (sistematis), presentasi, serta portofolio. Eksploitasi ini untuk merepresentasikan penilaian yang bersifat subjektif atau tidak dapat dipastikan dengan jelas batasan-batasannya. Dengan demikian, sangat memberi peluang pemanfaatan nilai kualitatif di samping nilai kuantitatif, dan dapat digunakan dalam berbagai jenis asesmen alternatif dalam aspek kognitif, psikomotorik dan afektif.

Kajian Pustaka

Definisi Variabel Linguistik Fuzzy

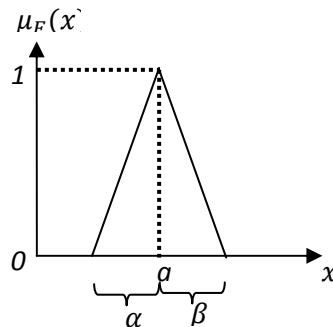
Secara formal, variabel linguistik didefinisikan sebagai quintuple $(L, H(L), U, G, M)$, dengan L adalah nama variabel linguistik; $H(L)$ adalah himpunan nama-nama nilai linguistik dari L , misal $H(\text{importance}) = \{\text{high, very high, medium, low, ...}\}$; variabel numerik u disebut variabel *base* yang menggunakan nilai dari semesta U (biasanya $[0,1]$), dihubungkan dengan setiap variabel linguistik L ; G adalah aturan sintaksis, dalam bentuk *context free grammar* dan menghasilkan deskriptor linguistik dari H , dan M adalah aturan semantik yang berkaitan dengan arti $M(l)$ dengan subset fuzzy dari U untuk setiap $l \in H$ [3].

Pada dasarnya ada 2 macam variabel linguistik, yaitu himpunan istilah linguistik didefinisikan dalam arti *context free grammar* dan himpunan istilah linguistik didefinisikan sebagai struktur urutan (*ordered structure*) dari istilah linguistik. Himpunan istilah linguistik yang pertama, semantiknya disajikan dengan bilangan fuzzy yang dideskripsikan dalam fungsi keanggotaan berdasarkan pada parameter dan aturan semantik. Himpunan yang kedua semantiknya didistribusikan secara simetris pada interval $[0,1]$ atau yang lainnya. Selain itu, semantik dari himpunan istilah linguistik juga dapat ditentukan dengan menggunakan campuran dari keduanya [4].

Representasi Variabel Linguistik Fuzzy

Penilaian linguistik biasanya berupa perkiraan penilai, maka representasi yang dianggap cukup bagus menampilkan ketidakpastian dalam penilaian linguistik adalah berupa fungsi keanggotaan fuzzy, bisa berupa trapezoid linear, triangular, atau gaussian. Representasi fungsi keanggotaan triangular berupa (a, α, β) dengan a adalah pusat, α adalah lebar interval ke kiri, dan β adalah

lebar interval ke kanan [4]. Representasi fungsi keanggotaan dalam *Triangular Fuzzy Number (TFN)* diilustrasikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Fungsi keanggotaan segitiga $F = (a, \alpha, \beta)$

Model Komputasi

Ada masalah yang dapat diselesaikan dengan menggunakan representasi nilai numerik yang tepat, namun dalam kasus lain, ada masalah yang cukup kompleks untuk dinilai dengan tepat dan pasti. Dalam hal yang demikian, penggunaan pendekatan fuzzy linguistik telah memberikan hasil yang sangat baik [5],[6],[7]. Permasalahan tersebut diselesaikan melalui proses komputasi informasi linguistik, dan selanjutnya memunculkan istilah *computing with word* (CW) [8].

CW banyak berkembang dengan dua pendekatan, yaitu pendekatan yang melibatkan prinsip ekstensi dan pendekatan simbolik. Pendekatan pertama, dikenal dengan model komputasi linguistik berdasarkan fungsi keanggotaan, didasarkan pada pendekatan fuzzy linguistik dan membuat perhitungan langsung pada fungsi keanggotaan dari term linguistik dengan menggunakan prinsip ekstensi. Yang kedua adalah model komputasi linguistik simbolik berdasarkan skala ordinal, yaitu melakukan perhitungan pada indeks term linguistik. Model ini telah banyak diterapkan pada proses pengambilan keputusan karena adaptasi yang mudah dan sederhana bagi para pengambil keputusan [7].

Namun demikian, kedua pendekatan tersebut dinilai masih memiliki keterbatasan dalam proses komputasi yaitu hilangnya informasi yang disebabkan oleh proses perkiraan untuk mengekspresikan hasil dalam domain awal yang diskrit. Hilangnya informasi menyiratkan kurangnya presisi hasil akhir dari penggabungan informasi linguistik. Herrera dan Martinez [5][6][7] mengusulkan model untuk mengatasi keterbatasan tersebut, yaitu model informasi linguistik yang dinyatakan melalui 2-tupel, yang disusun oleh term linguistik dan nilai numerik dinilai dalam $[0.5, 0.5]$. Model ini memungkinkan representasi yang kontinu dari informasi linguistik pada domainnya, oleh karena itu, dapat mewakili penghitungan informasi yang diperoleh dalam proses agregasi.

Hasil dan Pembahasan

Eksplorasi variabel linguistik dalam asesmen

Rumusan tujuan Standar Penilaian Pendidikan dalam Permendikbud No. 66 tahun 2013 menyiratkan beberapa poin penting yang harus tercakup dalam proses penilaian, diantaranya penilaian yang dilakukan merupakan penilaian autentik dan penilaian hasil belajar peserta didik yang berkualitas sesuai dengan kompetensi yang akan dicapai meliputi sikap, pengetahuan, dan keterampilan.

Penilaian autentik merupakan penilaian yang dilakukan secara komprehensif untuk menilai mulai dari masukan, proses, dan keluaran pembelajaran, yang meliputi ranah sikap, pengetahuan, dan keterampilan. Jenis penilaian autentik antara lain penilaian kinerja, penilaian portofolio, dan penilaian proyek, termasuk penilaian diri peserta didik. Instrumen yang digunakan untuk jenis-jenis penilaian tersebut adalah skala penilaian (*rating scale*) yang disertai rubrik. Rubrik adalah daftar kriteria yang menunjukkan kinerja, aspek-aspek atau konsep-konsep yang akan dinilai, dan gradasi mutu, mulai dari tingkat yang paling sempurna sampai yang paling buruk.

Tabel 1 berikut menunjukkan contoh rubrik penilaian portofolio.

Tabel 1. Contoh kriteria penilaian portofolio

No	Komponen yang dinilai	Skor		
		1	2	3
1	Persiapan			
2	Pelaksanaan			
3	Pelaporan hasil			

Arti skor: 3 = baik; 2 = kurang baik; 1 = tidak baik

Jenis penilaian tersebut mempunyai kriteria penilaian yang dapat langsung diisi dengan menggunakan variabel linguistik fuzzy, misalnya dalam 5 kategori: sangat tepat, tepat, agak tepat, tidak tepat, dan sangat tidak tepat. Untuk jenis penilaian autentik yang lain, juga dapat dikembangkan kriteria penilaian yang isian nilainya sangat memungkinkan menggunakan variabel fuzzy linguistik. Penggunaan variabel fuzzy sangat tepat untuk mewakili ketidakpastian dalam kriteria yang ditentukan, dan juga untuk memperhitungkan unsur subjektivitas dalam penilaian secara adil dan akurat. Dengan demikian, seberapa pun kecilnya capaian yang diperoleh siswa akan dapat memberikan sumbangan yang bermakna bagi penilaian kinerjanya secara keseluruhan.

Pendefinisian Variabel Linguistik Fuzzy yang diusulkan

Pengembangan data penilaian ke arah penggunaan data linguistik selain data numerik dalam teknik penilaian tes dan non tes, mengharuskan adanya pendekatan dari representasi data linguistik untuk penilaian yang diusulkan. Berdasarkan referensi [4], maka himpunan istilah linguistik yang diusulkan dalam model komputasi asesmen hasil belajar ini adalah sebagai berikut.

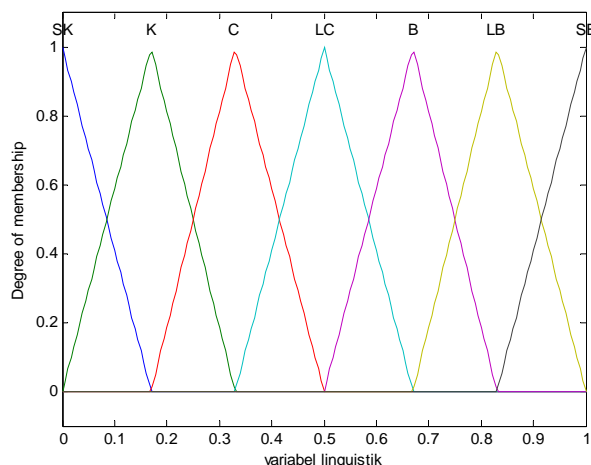
$$S = \{s_0, s_1, s_2, s_3, s_4, s_5, s_6\}$$

Deskripsi semantiknya dijelaskan dalam Tabel 2.

Tabel 2. Himpunan istilah linguistik yang diusulkan

Singkatan	notasi	Term linguistik	TFN
SK	s_0	Sangat Kurang	(0,0,0.17)
K	s_1	Kurang	(0, 0.17, 0.33)
C	s_2	Cukup	(0.17, 0.33, 0.5)
LC	s_3	Lebih dari Cukup	(0.33, 0.5, 0.67)
B	s_4	Baik	(0.5, 0.67, 0.83)
LB	s_5	Lebih dari Baik	(0.67, 0.83, 1)
SB	s_6	Sangat Baik	(0.83,1,1)

Grafiknya tampak seperti dalam Gambar 2.



Gambar 2. Representasi grafis himpunan istilah linguistik yang diusulkan

Himpunan istilah linguistik tersebut di atas beranggotakan variabel linguistik skala ordinal, yang semantiknya menggunakan fungsi keanggotaan fuzzy, dan direpresentasikan dengan bilangan segitiga fuzzy (*Triangular Fuzzy Number*, TFN). Hal ini merujuk pada referensi [4] bahwa himpunan linguistik dapat mempunyai semantik campuran.

Ada empat alasan kuat pemilihan TFN sebagai representasi variabel linguistik dalam model yang diusulkan ini. Dua alasan pertama didasarkan pada 2 keunggulan TFN yaitu yang pertama TFN merupakan metode yang sederhana dan mudah dipahami untuk merepresentasikan penilaian dari pengambil keputusan. Kedua, operasi aritmatika fuzzy dalam TFN sangat mudah dilakukan [9]. Alasan ketiga adalah fungsi keanggotaan TFN dinilai cukup handal dalam menampilkan ketidakpastian dari asesmen linguistik yang biasanya merupakan perkiraan penilaian subjektif dari pengambil keputusan [10].

Alasan keempat berangkat dari konsep pengukuran dalam bidang pendidikan, yakni model pengukuran pada teori tes klasik yang menunjukkan bahwa skor tampak terdiri atas skor sebenarnya atau skor murni dan skor kesalahan. Hubungan ketiga skor tersebut dapat ditulis sebagai berikut.

$$X=T+E$$

Dengan X adalah skor tampak, T adalah skor murni dan E adalah kesalahan pengukuran [11].

Kesalahan pengukuran dapat berasal dari beberapa sumber, yakni alat ukur, yang diukur dan yang mengukur. Dalam hal sumber yang mengukur, merujuk pada sifat subjektivitas manusia yang merujuk pada nilai ketidakpastian, sehingga nilai E dapat dianggap sebagai derajat ketidakpastian (*degree of fuzziness*). Secara grafis hubungan ketiga skor tersebut merujuk hal yang sama dengan TFN.

Himpunan istilah linguistik yang didefinisikan terdistribusi simetris pada suatu skala dengan kardinal ganjil (dalam hal ini 7). Istilah linguistik pada tengah skala menunjukkan penilaian “sekitar 0.5”, sedangkan sisa istilah yang lain ditempatkan secara simetris di sekitarnya, seperti ditunjukkan dalam Gambar 3.

SK	K	C	LC	B	LB	SB
----	---	---	----	---	----	----

Gambar 3. Distribusi simetris himpunan 7 istilah linguistik

Pemilihan deskripsi linguistik yang tepat untuk himpunan istilah linguistik dan semantiknya dilakukan dengan mempertimbangkan kardinalitas dari derajat perbedaan ketidakpastian yang mungkin terjadi. Umumnya kardinalitas yang digunakan dalam model linguistik adalah ganjil, seperti 7 atau 9, di mana istilah linguistik yang berada di tengah merupakan penilaian dari "sekitar 0,5," dan sisanya ditempatkan secara simetris di sekitarnya. Pemilihan kardinalitas ini merujuk pada penelitian Miller yang merekomendasikan penggunaan 7 ± 2 label, lebih kecil dari 5 akan menghasilkan informasi yang kurang mencukupi, sedangkan lebih dari 9 terlalu banyak untuk memahami secara tepat perbedaan yang ada [12].

Dalam konsep pengukuran dalam bidang pendidikan, skala dengan 7 kategori, dan jarak antar kategori sama, sejalan dengan skala pengukuran Thurstone [11]. Skala thurstone adalah skala yang disusun dengan memilih butir yang berbentuk skala interval. Setiap butir mempunyai kunci skor dan kunci skor menghasilkan nilai yang berjarak sama. Dalam skala Thurstone, skor 1 menunjukkan nilai yang paling tidak relevan dengan hal yang dinyatakan dengan skala tersebut, dan skor 7 menunjukkan yang paling relevan.

Komputasi yang diusulkan

Komputasi yang direkomendasikan berkaitan dengan eksploitasi variabel fuzzy linguistik dalam asesmen pembelajaran adalah dengan menggunakan pendekatan linguistik 2 tuple. Dalam representasi ini, informasi linguistik disajikan dalam cara 2 tupel (s, α) , dengan s adalah term linguistik dan α adalah nilai numerik yang menunjukkan nilai dari translasi simbolik. Berikut ini adalah fungsi-fungsi dasar yang digunakan dalam komputasi dengan representasi linguistik 2-tupel [5][6][7].

Translasi simbolik dari istilah linguistik $s_i \in S = \{s_0, \dots, s_g\}$ terdiri dari nilai numerik $\alpha_i \in [-0.5, 0.5)$ yang menunjukkan "perbedaan informasi" antara informasi β dalam $[0, g]$ yang diperoleh setelah operasi agregasi simbolik dan nilai terdekat dalam $\{0, \dots, g\}$ yang menunjukkan indeks istilah linguistik terdekat dalam $S(s_i)$.

Jika diketahui $s_i \in S$ adalah istilah linguistik, maka representasi linguistik 2-tuple yang ekuivalen diperoleh dengan menggunakan fungsi θ :

$$\begin{aligned} \theta: S &\rightarrow (S \times [-0.5, 0.5)) \\ \theta(s_i) &= (s_i, 0), \quad s_i \in S \end{aligned} \quad (1)$$

Himpunan istilah linguistik S dinotasikan dengan $S = \{s_0, s_1, \dots, s_g\}$ dan nilai yang menunjukkan hasil dari operasi agregasi simbolik dinotasikan dengan β , dan $\beta \in [0, g]$. Representasi linguistik 2-tuple yang menunjukkan informasi setara dengan β diperoleh dengan fungsi berikut:

$$\begin{aligned} \Delta: [0, g] &\rightarrow S \times [-0.5, 0.5] \quad \text{dengan } \Delta(\beta) = (s_i, \alpha) \\ \text{Dengan } \begin{cases} s_i, & i = \text{round}(\beta) \\ \alpha = \beta - i & \alpha \in [-0.5, 0.5] \end{cases} \end{aligned} \quad (2)$$

Dengan $\text{round}(\cdot)$ adalah operasi round seperti biasa, s_i memiliki label indeks terdekat dengan β dan α adalah nilai dari translasi simbolik.

Sebaliknya, jika diketahui informasi linguistik 2-tupel (s_i, α) dengan $s_i \in S = \{s_0, s_1, \dots, s_g\}$, maka ada fungsi Δ^{-1} yang mentransformasi informasi linguistik 2-tupel menjadi nilai numerik yang ekuivalen dengan $\beta \in [0, g] \subset \mathbb{R}$:

$$\begin{aligned} \Delta^{-1}: S \times [-0.5, 0.5] &\rightarrow [0, g] \\ \Delta^{-1}(s_i, \alpha) &= i + \alpha = \beta \end{aligned} \quad (3)$$

Untuk mencari solusi akhir dari permasalahan yang disajikan dengan menggunakan linguistik 2-tupel, digunakan operator agregasi linguistik 2-tupel seperti rata-rata aritmatik sebagai berikut.

Misal diketahui $x = \{(s_1, \alpha_1), (s_2, \alpha_2), \dots, (s_n, \alpha_n)\}$ adalah himpunan linguistik 2-tupel, maka rata-rata aritmatiknya adalah

$$(\bar{s}, \bar{\alpha}) = \Delta \left(\frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \Delta^{-1}(s_j, \alpha_j) \right), \bar{s} \in S, \bar{\alpha} \in [-0.5, 0.5] \quad (4)$$

Contoh Numerik

Misal diketahui hasil penilaian portofolio, proyek, penugasan dan peresentasi untuk 5 orang siswa disajikan dalam Tabel 3. Setiap jenis penilaian menggunakan 3 kriteria C1, C2 dan C3 yang dinilai dengan menggunakan istilah linguistik yang diusulkan seperti dalam Tabel 2 di atas.

Tabel 3. Contoh data penilaian menggunakan istilah linguistik yang diusulkan

	portofolio			proyek			penugasan			presentasi		
	C ₁	C ₂	C ₃	C ₁	C ₂	C ₃	C ₁	C ₂	C ₃	C ₁	C ₂	C ₃
Siswa ₁	LB	B	C	C	LB	LC	LC	SB	B	C	B	B
Siswa ₂	LB	LB	SB	C	K	K	C	B	K	B	C	LC
Siswa ₃	LC	LC	LC	B	K	B	C	LC	C	C	B	SB
Siswa ₄	B	K	K	LC	B	SK	B	C	B	SK	B	B
Siswa ₅	SB	B	C	SK	C	K	K	K	LC	LC	LB	K

Data tersebut kemudian ditransformasi menjadi linguistik 2-tupel dengan menggunakan Persamaan (1), yang hasilnya disajikan dalam Tabel 4.

Tabel 4. Hasil transformasi menjadi linguistik 2-tupel

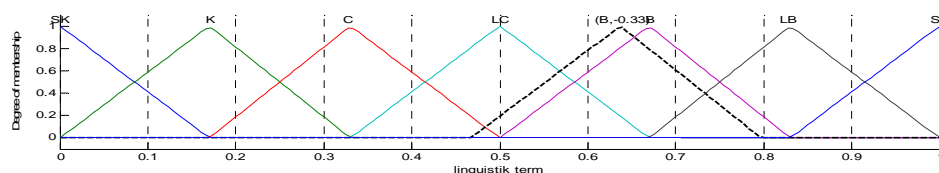
	portofolio			proyek			penugasan			presentasi		
	C ₁	C ₂	C ₃	C ₁	C ₂	C ₃	C ₁	C ₂	C ₃	C ₁	C ₂	C ₃
Siswa ₁	(LB,0)	(B,0)	(C,0)	(C,0)	(LB,0)	(LC,0)	(LC,0)	(SB,0)	(B,0)	(C,0)	(B,0)	(B,0)
Siswa ₂	(LB,0)	(LB,0)	(SB,0)	(C,0)	(K,0)	(K,0)	(C,0)	(B,0)	(K,0)	(B,0)	(C,0)	(LC,0)
Siswa ₃	(LC,0)	(LC,0)	(LC,0)	(B,0)	(K,0)	(B,0)	(C,0)	(LC,0)	(C,0)	(C,0)	(B,0)	(SB,0)
Siswa ₄	(B,0)	(K,0)	(K,0)	(LC,0)	(B,0)	(SK,0)	(B,0)	(C,0)	(B,0)	(SK,0)	(B,0)	(B,0)
Siswa ₅	(SB,0)	(B,0)	(C,0)	(SK,0)	(C,0)	(K,0)	(K,0)	(K,0)	(LC,0)	(LC,0)	(LB,0)	(K,0)

Nilai akhir dari setiap jenis penilaian diperoleh dengan menggunakan Persamaan (2), (3) dan (4), dan hasilnya seperti dalam Tabel 5.

Tabel 5. Hasil nilai akhir dengan operator agregasi rata-rata aritmatika

	portofolio	proyek	penugasan	peresentasi	nilai akhir
Siswa ₁	(B,-0.33)	(LC,0.33)	(B,0.33)	(LC,0.33)	(B,-0.33)
Siswa ₂	(LB,0.33)	(K,0.33)	(C,0.33)	(LC,0)	(LC,0)
Siswa ₃	(LC,0)	(LC,0)	(C,0.33)	(B,0)	(LC,0.08)
Siswa ₄	(C,0)	(C,0.33)	(LC,0.33)	(LC,-0.33)	(LC,-0.42)
Siswa ₅	(B,0)	(K,0)	(C,-0.33)	(LC,0)	(C,0.42)

Nilai akhir siswa₁ pada Tabel 5 adalah (B,-0.33). Hasil tersebut menunjukkan bahwa siswa₁ memiliki capaian dalam keempat jenis penugasan tersebut dalam kategori Baik (B), meskipun masih kurang 33% untuk mencapai kategori B tersebut, yang ditunjukkan dengan nilai $\alpha = -0.33$. Secara grafik, nilai tersebut ditunjukkan dalam Gambar 4.



Gambar 4. Representasi nilai $(B, -0.33)$

Hasil penilaian akhir dengan menggunakan linguistik 2-tupel memberikan informasi tambahan berupa nilai α yang dapat menunjukkan seberapa besar potensi yang dicapai untuk meraih peringkat di atasnya dan sebagai pembanding kemampuan siswa dengan siswa yang lain jika berada dalam kategori nilai yang sama.

Simpulan

Eksplorasi variabel fuzzy linguistik dalam asesmen pembelajaran sangat memungkinkan diaplikasikan untuk jenis penilaian yang tercakup dalam penilaian autentik, seperti penilaian kinerja dan portofolio. Penerapan tersebut membutuhkan representasi yang tepat agar dapat mewakili nilai yang diberikan guru dengan baik. Representasi variabel linguistik dalam 7 skala ordinal dan semantik yang disajikan dengan TFN dinilai cukup tepat dengan beberapa alasan yang telah dibuktikan dengan beberapa penelitian.

Komputasi yang digunakan dalam eksplorasi ini adalah dengan menggunakan pendekatan fuzzy linguistik 2-tupel, (s_i, α) . Besarnya nilai α pada nilai linguistik 2-tupel dalam penyajian hasil akhir dan dalam deskripsi tiap kompetensi, merupakan informasi tambahan yang menunjukkan seberapa besar potensi yang dicapai untuk meraih peringkat di atasnya dan sebagai pembanding kemampuannya dengan siswa yang lain.

Model yang diusulkan berkontribusi memperkaya teknik penilaian dalam asesmen pembelajaran, karena dengan pengeksplotasian variabel linguistik untuk merepresentasikan nilai, menyediakan ruang yang fleksibel bagi guru dalam memberikan penilaian.

DAFTAR PUSTAKA

- S.M. Brookhart and A.J. Nitko, *Assessment and Grading in Classrooms*. Pearson Education, Inc., New Jersey, 2008, pp. 2-4
- L-X. Wang., *A Course in Fuzzy Systems and Control*, Prentice-Hall International Inc., Englewood Cliffs, 1997, pp. 59.
- Zheng Pei, Liang-zhong Yi and Ya-Jun Du. A New Aggregation operator of Linguistic Information And Its Properties, *IEEE International Conference on Granular Computing*, art. no. 1635846, pp. 486-489. 2006
- F. Herrera., and E. Herrera-Viedma, Linguistic decision analysis: steps for solving decision problems under linguistic information, *Fuzzy Sets and Systems* 115, 2000, pp 67-82.
- F. Herrera and L. Martinez, A 2-Tuple Fuzzy Linguistic Representation Model for Computing with Words, *IEEE Transactions On Fuzzy Systems*, Vol. 8, No. 6, , pp. 746-752, December 2000
- F. Herrera and L. Martinez, An Approach for combining linguistic and Numerical Information based on the 2-Tuple Fuzzy Linguistic Representation model in Decision Making, *International Journal of Uncertainty, Fuzziness and Knowledge-Based systems*, Vol 8, No.5, pp. 539-562, 2000.
- F. Herrera, and L. Martinez, An overview on the 2-tuple linguistic model for computing with words in decision making: Extensions, applications and challenges, *Information Sciences* 207 (2012) pp. 1-18
- L.A. Zadeh, From Computing with Numbers to Computing with Words-From Manipulation of Measurements to Manipulation of Perceptions, *IEEE Transactions on Circuits and Systems-I: Fundamental, Theory and Applications*, Vol.45 No.1, January 1999.
- C. San Lin, C. Tung Chen, and F. Shing Chen, Applying 2-tuple linguistic variables to assess the teaching performance based on the viewpoints of students. *Proceeding of 2013 International Conference on Fuzzy Theory and Its Application National Taiwan University of science and Technology*, Taipei, Taiwan, Dec. 6-8, 2013
- E. Herrera-Viedma, F. Herrera, L. Martinez, J.C. Herrera and A.G. Lopez. Incorporating filtering techniques in a fuzzy linguistic multi-agent model for information gathering on the web. *Fuzzy Sets and Systems* 148 (2004) 61-83
- Dj. Mardapi, *Pengukuran, Penilaian & Evaluasi Pendidikan*, Nuha Litera, Yogyakarta. 2012, pp. 53-55
- B. Dutta, D. Guha, and R. Mesiar, A Model Based on Linguistic 2-tuples for dealing with heterogeneous Relationship among Attributes in Multi-expert Decision Making. *IEEE Transaction on Fuzzy Systems*, Vol.PP, Issue 99, 2014. DOI: 10.1109/TFUZZ.2014.2379291

LUARAN PENELITIAN 3

PUBLIKASI PAPER DALAM SEMINAR INTERNASIONAL

INTERNATIONAL CONFERENCE ON SCIENCE AND TECHNOLOGY YOGYAKARTA, 11-12 NOVEMBER 2015



Combining rating scale and FANP to determine the important weight of learning competency for students' assessment

Sri Andayani^{1,a)} and Sri Hartati² and Retantyo Wardoyo² and Djemari Mardapi³

¹Doctoral program of Computer Science, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta Indonesia

²Department of Computer Science and Electrical, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta Indonesia

³Study Program of Educational Research and Evaluation, Graduate School, Yogyakarta State University, Indonesia

^{a)}Corresponding author: andayani@uny.ac.id

Abstract. Determining important weight of learning competency is an important problem for students' assessment in credential and certification decision-making. Learning competencies should have importance weight that definitely affect final decision, and could represent strengths and weaknesses of student achievement against these competencies. Weight of learning competency is determined based on its difficulty level, which is identified by the deepness, scope and complexity of matters involved in it. The dependency among learning competencies must also be considered in determining the weight. Therefore, this study aims to develop a weighting method based on combining rating scale and fuzzy analytic network process (FANP) for determining weight of learning competency. Using the proposed method, the weight of learning competency is obtained and then can be used in calculating final score for students' assessment.

INTRODUCTION

Credentialing and certification decision is one type of decision-making in education to justify whether students have met standards [1]. This standard is a set of learning competency determined in curriculum and detailed in standards competencies and basic competencies. In order to achieve learning goal, it could be interdependency between competencies, it means that to master a competency could require other competencies. The learning competency should have important weights that could affect decision's result significantly and it also could represent strengths and weaknesses of student achievement against these competencies. Based on those reasons, determining important weighted of learning competency is very important.

Weight of learning competency W is a number specified for a difficulty level of competency in comparison with others in a unity of learning competency for one semester and $\sum W_i = 1$. There are several things that have to be considered in determining weighted of learning competency. First, interdependence between competencies should be taken into account. Second, the weight could not be zero (0), because zero value means the competencies were not calculated in learning's assessment. Third, giving preference to the weight of competency should consider their difficulty levels, which are identified through the deepness, scope and complexity of material contained in these competencies. Giving score of such attributes would be done by experienced teacher. Fourth, difficulty level of competency is qualitative attribute whose value cannot be determined certainly.

There are several methods which are usually used in determined weight of criteria in decision-making model [2-3]. Based on brief explanation previously and considering the four important notes related to determining weight of competency, a method which combining of rating scale and fuzzy analytic network process (FANP) has been developed. Likert-scale is used to obtain judgment of experienced teacher about deepness, scope and complexity of learning competencies. The obtained data have a role as aids to bridging initial process in FANP method. To do so, the rest of this paper is organized as follows. Section 2 reviews rating scale and FANP, section 3 describes steps of proposed method, section 4 gives a numerical example and section 5 draws conclusions.

Review of rating scale and FANP

In order to evaluate some alternatives against evaluation parameters, it requires a scheme for scoring. One of scoring methods frequently used in many studies is rating scale. A rating scale is a set of categories that are assigned numerical values designed to elicit information about a quantitative or a qualitative attribute. The most

common rating scale is Likert-scale developed by Rensis Likert in 1932. Likert-scale is utilized in many fields of research especially when measuring a value such as belief, opinion, or affect, which cannot be precisely measured by respondents. The distances between each category cannot be assumed equal [4].

Many researches had used 5-point Likert-scale and treated data as ordinals while some others treated as intervals, therefore treatment used for the data is different. But, there are many studies treating ordinal data from Likert-scale as intervals and have been criticized by many scholars [5]. However, a study [6] shows that there is no difference on analysis of data from both the ordinal Likert-scale and that has been converted into the interval.

The Analytic Network Process (ANP) is a multi criteria decision analysis approach that is proved to be effective when dealing with complex decision situations that involves interactions and feedbacks between decision elements [7]. Fuzzy ANP is developed to address limitation of conventional ANP which becomes less effective when dealing with uncertainty.

Steps in FANP method can be observed in various studies that use the methods to solve various problems [8-10]. Process of calculating weight of each parameter starts by constructing Pairwise Comparison Matrix (PCM), for comparing between parameters using linguistic variables. In some researches, different fuzzy linguistic variable used in PCM is established according to its requirements [9-12]. Furthermore, global weight of each parameter is determined using Chang's Extents Analysis approach [8,13].

Combining rating scale and FANP

Primary method of the proposed method is FANP, considering that there are dependencies between learning competencies. However, there are some drawbacks of FANP that must be addressed to ensure the obtained weight is not zero. One of the drawbacks of ANP is that increasing the number of indicators and their interdependencies also increase the numbers of pairwise comparisons that must be constructed. Lack of knowledge and understanding of respondents who gave judgment of compared parameters also affect results of ANP [14].

Secondly, consistency ratio (CR) is a very important indicator for achieving the reliability of an individual's pairwise comparisons in AHP [15]. Inconsistent PCM would yield weight of compared parameters that do not describe real conditions. In this case, it can be obtained a zero weight, which should not happen in the learning assessment. Third, linguistic scale and its representation using triangular fuzzy number used for comparison in the PCM must be determined precisely because it influences calculating the weight.

Problem of determining weight of learning competency will be addressed using some approaches as follows: (a) simplify scoring process of the attributes of compared competencies by utilizing Likert-scale, (b) determine the scale fuzzy linguistic and degree of fuzziness in accordance with problems learning assessment, and (c) set the PCM to be consistent.

Simplify Providing Score for Relevant Attributes

Weight of learning competency is determined based on its difficulty level. Relevant attributes to assessing the difficulty level is the deepness, scope and complexity of material contained within the competency. The deepness of material regards to how detail the concepts must be learned/ mastered by students. Scope of material indicates how much material to be learned. Complexity indicates involvement more other materials, requires reasoning and high precision, or requires many steps to understand.

In determining the weight of standard competencies, respondents would be difficult to provide judgments to compare between competencies if every time comparing should take into account the three attributes. Therefore Likert-scale is used to collect judgment data, which bridging to fill PCM.

Scoring for the three attributes will be obtained using a Likert-scale, since they are qualitative data to be assigned numerical values. Likert-scale is suitable for measuring the value of the three attributes which cannot be precisely measured by respondents. Five categories of Likert-scale may point to various levels of understanding of different people. Thus, different respondents might think differently, but rated the same value. Hence, data obtained using a Likert-scale can be considered uncertain, so it is matched to be combined with FANP on the next stage.

Generally, an arbitrary integer range from 1 to 5 for this purpose was created as follows. The deepness: 1 : very simple, 2: simple, 3: not too deep, 4: deep, 5: very deep. The scope: 1 : very simple, 2: simple, 3: not too wide, 4: wide, 5: very wide. The complexity: 1 : very simple, 2: simple, 3: not too complex, 4: complex, 5: very complex. Some experienced teachers have been asked to rate each of competencies from 1 to 5.

Let x_{ij}^k is score obtained from Likert-scale, for i^{th} basic competency, j^{th} attribute, k^{th} standard competency. Then total score for each basic competency can be calculated using formula

$$x_i^k = \sum_{j=1}^3 x_{ij}^k \quad (1)$$

for $i = 1, \dots, b$, $j = 1, \dots, 3$, and k is number of standard competency.

Total score for each standard competency is calculated by

$$\bar{x}^k = \frac{1}{b^k} \sum_{i=1}^{b^k} x_i^k \quad (2)$$

where b^k is the number of basic competency in standard competency k .

Difference score between two compared competencies is used as a basis for determining fuzzy linguistic scale in PCM, as shown in Table 1. It can be noticed that simplify the scoring gives advantage respondents only once giving the judgment of compared competencies, and then the data can be used to fill entire PCM required in all of FANP stages.

Determining Fuzzy Linguistic Scale

Table 1 shows linguistic comparison scale adapted from [12] which the scale and degree of fuzziness is designed to address students' assessment problems. Data in column 'Difference score' is obtained from the difference of two difficulty level scores of comparing competencies.

TABLE 1. Linguistic scale for PCM combined with difference score of rating scale

Difference score	Linguistic scale	Fuzzy scale (l,m,u)	reciprocal
0	Equally difficult (ED)	=(1,1,1)	=(1,1,1)
1-3	Weakly more difficult (WMD)	=(1,2,5)	=(1/5,1/2,1)
4-6	More difficult (MD)	=(1,3,6)	=(1/6,1/3,1)
7-9	Strongly more difficult (SMD)	=(1,4,7)	=(1/7,1/4,1)
10-12	Absolutely more difficult (AMD)	=(2,5,8)	=(1/8,1/5,1/2)

If the difference score is negative, means that the relevant linguistic scale is its reciprocal. There are five of nine fuzzy linguistic scales adapted from [12] with a view to simplify the comparison between parameter. The five specified scales are considered sufficient to provide a comparison between the parameters of assessment, as the opinion [16] which states that the scale of 5-8 is the most optimal in conducting survey research. Degree of fuzziness δ is 3, with a view to giving allowances respondents in assessing pairwise comparisons.

Set PCM to be Consistent

To create a PCM to be consistent, if there are n competencies, the comparison between competencies sufficiently represented by comparing competency 1 to competency j , $j = 2, \dots, n$. This comparison will become an element a_{ij} with $i = 1$ and $j = 2, \dots, n$. Furthermore, other elements are determined by reference to [17] as follows:

$$a_{ji} = 1/a_{ij} \quad a_{ik} = a_{ij} \times a_{jk}, \quad \forall i, j, k \quad (3)$$

PCM generated based on the formula is consistent that can be calculated with the steps described in [17].

Based on those settings, algorithm to determine the weight of learning competencies that combines Likert scale with FANP is developed as presented in Table 2.

TABLE 2. Algorithm of combined rating scale and FANP to determine the important weight of learning competency

Step	Description
Step1	Scoring using a Likert-scale for each attribute of basic competency
Step2	Adding the score for each basic competency using Eq.(1)
Step3	Calculating scores of each standard competency using Eq. (2)
Step4	Filling PCM for all standard competencies and basic competencies to be compared based on a difference score between them and refer to Table 1
Step5	Calculating local weight of each standard competency assuming there are no dependencies between them based on Chang's Extend Analysis (Weight of Independent Criteria, W_{IC})
Step6	Calculating the relative weight of each standard competency by considering interdependency between standard competencies based on Chang's Extend Analysis. The relative weight is then combined into a matrix of relative important weight (R_{IW})
Step7	Multiplying $R_{IW} \times W_{IC}$, and then normalized, to obtain the final important weight of each standard competency (W_{SC})
Step8	Calculating local weight of each basic competency in each standard competency (W_{BC}) based on Chang's Extend Analysis
Step9	Multiplying W_{SC} with each W_{BC} to obtain the global weight of each basic competency (GW_{BC})

Numerical example

To demonstrate applicability of the proposed method, this section presents an example, in calculating the important weight of learning competencies of Math for class X in semester I. The list of competencies is described in Table 3.

TABLE 3. Standards Competency and basic competency of Math Class X semester 1

Standards Competency	Basic Competency
C1. Solve problems related to powers, roots, and logarithms	1.1. Using rules of powers, roots, and logarithms 1.2. Performing algebraic manipulations in computation involving powers, roots, and logarithms
C2. Solve problems related to functions, equations, quadratic functions and quadratic inequality	2.1 Understanding concept of function 2.2 Drawing graphs of simple algebraic and quadratic function 2.3 Using properties and rules of quadratic equations and inequalities 2.4 Performing algebraic manipulations in computation related to quadratic equations and inequalities 2.5 Designing mathematical models of problems related to equalities and/or quadratic functions 2.6 Solving mathematical models of problems related to equalities and / or quadratic functions and their interpretations
C3. Solve problems related to linear equation systems and inequalities in one variable	3.1 Solving of linear equation systems and mixed linear and quadratic equation systems in two variables 3.2 Designing mathematical models of problems related to linear equation systems 3.3 Solving mathematical models of problems related to linear equation systems and their interpretations 3.4 Solving one variable inequalities involving algebraic fractions 3.5 Designing mathematical models of problems related to inequality in one variable 3.6 Solving mathematical models of problems related to inequalities in one variable and their interpretation

For example, some teachers have been involved to value the difficulty level of learning competency using Likert scale and calculated by step 1-3 of the algorithm in Table 2, then the average score is presented in Table 4.

Step 4 of the algorithm is filling PCM. PCM for comparing standard competencies is determined based on their difference score, as shown in Table 5. Other elements of the PCM are determined using Eq.(3). Then, the elements of this PCM are calculated using Chang's Extend Analysis to determine local weight of standard competency W_{IC} and yields [0.3808 0.3096 0.3096].

TABLE 4. Score for standard competency and basic competency obtained using rating scale

Standard Competency 1			Standard Competency 2			Standard Competency 3		
Total score	BC	score	Total score	BC	score	Total score	BC	score
9	1.1.	9.33	7.61	2.1	8	8.11	3.1	8.33
	1.2.	8.67		2.2	7.33		3.2	8.33
				2.3	7.33		3.3	8.33
				2.4	7.33		3.4	7.67
				2.5	7.00		3.5	7.67
				2.6	8.67		3.6	8.33

Note: BC: Basic competency

TABLE 5. Determining PCM for standard competencies

Element	Difference score	Ling.scale		C1	C2	C3
a_{12} = C1 compare to C2	$C1-C2 = 9 - 7.61 = 1.39$	WMD	\Rightarrow	C1	(1,1,1)	(1,2,5)
a_{13} = C1 compare to C3	$C1-C3 = 9 - 8.11 = 0.89$	WMD		C2	(1/5,1/2,1)	(1,1,1)
				C3	(1/5,1/2,1)	(1/5,1,5)

Other PCM needs to be developed are for comparing each standard competency by considering interdependency between them to calculate R_{IW} , and PCM for comparing basic competencies according to its standard competency to find W_{BC} .

To determine R_{IW} , it requires identification of dependencies between each standard competency [11], as shown in Table 6 with the “+” sign. It can be observed from Table 3 that there are interdependencies between standard competencies C1, C2 and C3. The sign means the standard competency in the row affects standard competency in the column.

TABLE 6. The dependencies between C1, C2 and C3

	C1	C2	C3
C1		+	+
C2	+		+
C3	+	+	

The following step is to determine the relative importance of each standard competency regarding the dependencies among them. This step is accomplished by using Chang’s Extend Analysis and yields vectors of weight for each dependency as denoted in Table 7.

TABLE 7. Interdependency between standard competencies

In relation to C1			In relation to C2			In relation to C3		
C2	C3	W_{rC1}	C1	C3	W_{rC2}	C1	C2	W_{rC3}
C2		w_{rC21}	C1		w_{rC12}	C1		w_{rC13}
C3		w_{rC31}	C3		w_{rC32}	C2		w_{rC23}

The interdependence matrix R_{IW} is composed by the combination of those vectors as follows.

$$R_{IW} = [W_{rC1} \ W_{rC2} \ W_{rC3}] = \begin{pmatrix} 1 & w_{rC12} & w_{rC13} \\ w_{rC21} & 1 & w_{rC23} \\ w_{rC31} & w_{rC32} & 1 \end{pmatrix}$$

The next step is to calculate the final weight of each standard competency W_{SC} by multiplying R_{IW} by vector W_{IC} . The resulting weights are normalized and the final weight of each standard competency W_{SC} is [0.3928 0.2743 0.3329].

The local weight of each basic competency W_{BC} is calculated using as same as the steps to determine W_{IC} . Finally global weight of each basic competency GW_{BC} is determined by multiplying each element of W_{BC} by the relevant weight of its standard competency in W_{SC} . It yields as follows.

$$GW_{BC} = \begin{bmatrix} 0.2569 & 0.1360 & 0.0479 & 0.0426 & 0.0426 & 0.0426 & 0.0426 & 0.0562 & 0.0608 & 0.0608 \\ 0.0608 & 0.0448 & 0.0448 & 0.0608 \end{bmatrix}$$

The global weights are used to determine the final score of Math Class X in semester 1 by multiplying them with teacher’s assessment scores. The competency considered difficult will has greater weight and significantly affects final score. Hence, the final score could describe the strengths and weaknesses of the student's ability.

Conclusion

In this work, a combining weighting method using Likert-scale and FANP to determine important weights of learning competency for students’ assessment has been developed. Likert-scale is utilized to acquire the value of difficulty level of competency through judgment of many experienced teachers. The obtained data serve as aids to bridging initial process in FANP method. To apply FANP method, fuzzy linguistic scale and degree of fuzziness used in PCM must be modified considering some important notes of determining learning competency. Using the proposed method, numerous teachers could be actively involved in the initial process of determining the important weight of learning competency therefore the result can be more reliable.

References

- S.M. Brookhart. and A.J. Nitko, *Assessment and Grading in Classrooms*. Pearson Education, Inc., New Jersey, 2008 pp. 2-4
- A.T. Eshlaghy and R. Radfar,, A New Approach for Classification of Weighting Methods, *IEEE International Conference on Management of Innovation and Technology*, 2006, Volume: 2, DOI: 10.1109/ICMIT.2006.262391 Publication Year: 2006 , Page(s): 1090 - 1093 IEEE Conference Publications.
- A.T. Eshlaghy, M. Homayonfar, M. Aghaziarati, P. Arbabiun, A Subjective Weighting Method Based on Group Decision Making For Ranking and Measuring Criteria Values, *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 5(12): 2034-2040, 2011, ISSN 1991-8178.
- R. Yusoff, and R. M. Janor, Generation of an Interval metric scale to measure attitude. *SAGE Open*, 4(1), 2158244013516768. 2014.
- T.R. Knapp, Treating ordinal scales as interval scales: An attempt to resolve the controversy. *Nursing Research*, 1990, 39(2), 121-123.
- Suliyanto, Perbedaan Pandangan Skala Likert sebagai Skala Ordinal atau Skala Interval, *Prosiding Seminar Nasional Statistika Universitas Diponegoro* 2011 ISBN: 978-979-097-142-4, pp. 51-60.
- U. Asan, A. Soyer, and S. Serdarasan, A Fuzzy Analytic Network Process Approach. C. Kahraman (ed.), *Computational Intelligence Systems in Industrial Engineering*, Atlantis Computational Intelligence Systems 6, Atlantis Press, 2012.
- G. Buyuközkan, T. Ertay, C. Kahraman, and D. Ruan. Determining the Importance Weights for the Design Requirements in the House of Quality Using the Fuzzy Analytic Network Approach. *International Journal of Intelligent Systems*, 2004, 19, pp. 443–461.
- H. Bai and Z. Zhan, An IT Project Selection Method Based On Fuzzy Analytic Network Process, *Proc.of International Conference on System Science, Engineering Design and Manufacturing Informatization*, 2011, pp. 275-279.
- B. Öztayşi, and A.C. Kutlu, Determining the Importance of Performance Measurement Criteria Based on Total Quality Management Using Fuzzy Analytical Network Process, Wang, Y., and Li,T., (Eds.): *Practical Applications of Intelligent Systems*, AISC 124, 2011, pp. 391–400. Springerlink.com © Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- G.H. Tseng and J.J. Huang, *Multiple Attribute Decision Making, Methods and Application*, CRC Press, Boca Raton, 2011.
- M.A.B. Promentilla, T. Furuichi, K. Ishii, and N. Tanikawa, A fuzzy analytic network process formulti-criteria evaluation of contaminated site remedial countermeasures. *Journal of Environmental Management*, 2008; 88 (3), 479–495.
- A. Özdağoglu, A multi-criteria decision-making methodology on the selection of facility location: fuzzy ANP, *International Journal of Advance Manufacture Technology*, 2012, 59, 787–803.
- Z. K. Öztürk, A review of multi criteria decision making with dependency between criteria, *International Conference on Multiple Criteria Decision Making (MCDM)*, 2006, Chania, Greece, June 19-23, 2006.
- B. Başaran,. A Critique On The Consistency Ratios Of Some Selected Articles Regarding Fuzzy AHP and Sustainability, *3rd International Symposium on Sustainable Development*, May 31 - June 01 2012, Sarajevo, pp. 318-326.
- W. Zikmund, B. Babin, J. Carr, and M. Griffin, *Business Research methods*. Cengage Learning, 2012 pp. 237.
- M. Brunelli, L. Canal, and M. Fedrizzi, Inconsistency indices for pairwise comparison matrices: a numerical study, *Ann Oper Res* (2013) 211, pp. 493–509 DOI 10.1007/s10479-013-1329-0.

organized by:



**Universitas
Gadjah Mada**



ICST2015.

International Conference
on Science and Technology

<http://icst.ugm.ac.id/>

CERTIFICATE

OF PARTICIPATION

This is to certify that

Sri Andayani

participated as

Presenter

in the **International Conference on Science and Technology (ICST) 2015**,
held on November 11–12, 2015, in Yogyakarta, Indonesia,
organized by Universitas Gadjah Mada.



Prof. Dr. Suratman, M.Sc
Vice Rector for Research and Community Service,
Universitas Gadjah Mada



Kuwat Triyana
Conference Chair